

# การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางการเดินทางขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง

นางสาวพลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2560

# **THE DEVELOPMENT OF VEHICLE ROUTING SYSTEM FOR FREEZING FOOD PRODUCT**

The logo of Suranaree University of Technology is a large, faint watermark in the background. It features a stylized figure of a person standing on a pedestal, surrounded by a circular arrangement of red and orange petals or leaves. The text 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี' is written in a circular path around the bottom of the logo.

**Ploypailin Phumkhokrak**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Engineering Program in Industrial Systems and  
Environmental Engineering  
Suranaree University of Technology**

**Academic Year 2017**

## การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

ประธานกรรมการ



(อ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



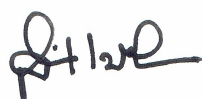
(รศ. ดร.นิวิท เจริญใจ)

กรรมการ



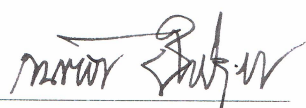
(ผศ. ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์)

กรรมการ



(ศ. ดร.สันติ แม่นศิริ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์ : การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า  
ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง (THE DEVELOPMENT OF VEHICLE ROUTING SYSTEM  
FOR FREEZING FOOD PRODUCT) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์,  
130 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหาร  
แช่แข็ง โดยการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดและวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อหาวิธีการจัด  
เส้นทางรถขนส่งสินค้าที่เหมาะสมสามารถลดระยะทางการขนส่งสินค้าได้ โดยทำการวางแผนการ  
จัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งของโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทน  
จำหน่าย 54 แห่ง มีพื้นที่ครอบคลุมในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึม  
แบบประหยัดในการสร้างคำตอบตั้งต้นและทำการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิง  
พันธุกรรม ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งและได้ทำการ  
ประมวลผลคำตอบด้วยการใช้โปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) บน Microsoft Excel  
ในการช่วยประมวลผลในการหาคำตอบ

จากการนำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้หาคำตอบในกรณีศึกษาทั้ง 8 กรณีศึกษาและทำการ  
เปรียบเทียบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดและวิธีการเชิง  
พันธุกรรม พบว่า การพัฒนาคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถลดระยะทางรวมในการขนส่ง  
สินค้าได้มากกว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมีระยะทางรวม  
2,042 กิโลเมตร การพัฒนาคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมมีระยะทางรวม 1,970 กิโลเมตร มีความ  
แตกต่างของระยะทางรวมคิดเป็นร้อยละ 3.53 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธี  
อัลกอริทึมแบบประหยัดและทำการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมนั้น  
สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่  
แข็งให้มีระยะทางการขนส่งสินค้าลดลงได้



PLOYPAILIN PHUMKHOKRAK : THE DEVELOPMENT OF VEHICLE  
ROUTING SYSTEM FOR FREEZING FOOD PRODUCT. THESIS

ADVISOR : NARA SAMATTAPAPONG, Ph.D., 130 PP.

VEHICLE ROUTING/SAVING ALGORITHM/GENETIC ALGORITHM

This research aims to develop vehicle routing system of freezing food products by applying the saving algorithm method and genetic algorithm method to find out the appropriate route of transportation that can reduce the transport distance by planning transport route of freezing food of a case study factory to the distributor 54 areas covered in the Bangkok Metropolitan Area by applying the saving algorithm to create the initial questions and improve the initial answers by means of genetic programming in planning the route for shipping freezing food products and processes the answers using Visual Basic for Application (VBA) on Microsoft Excel to help the process of finding the answer.

The method also applied to find the answer in the case study of the 8 case studies and bring the results to compare between the saving algorithm method and development on the answer by genetic algorithm method found that development on the answer by genetic algorithm method can reduce the total transport distance more than the saving algorithm. The saving algorithm had a total distance of 2,042 km. The development of the answers by the genetic algorithm method had a total distance of 1,970 km. The difference of distance as a percentage 3.53 which you will see that to create the initial questions by the saving algorithm method and to improve the initial

answer by the genetic algorithm method that can apply in planning the transportation route of freezing food products with reduced transport distances.



School of Industrial engineering

Student's Signature นางสาวณิชา

Academic Year 2017

Advisor's Signature ดร. อดิเรก

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

อาจารย์ ดร.นรา สมัตถภาพงศ์ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำคำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ

ขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิธ เจริญใจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์ ที่ได้ให้คำชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัยรวมถึงการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเนื้อหาการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภากร พิทยवाल และอาจารย์ ดร.จงกล ศิริธร อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่เป็นผู้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ และแนวทางข้อคิดต่างๆ ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ คุณพรรณีรัตน์ ชำรงวุฒิ คุณจุมพล กุลยวน คุณจักรกฤษณ์ เจริญรัมย์ คุณพฤชา รัตน์ สิทธิพงศ์ และพี่น้องบัณฑิตศึกษาทุกท่านในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกท่านที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้กำลังใจตลอดมา

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยประเภททุนบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและครอบครัวที่ให้การสนับสนุนการอุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน สนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง .....	ฉ
สารบัญรูป .....	๓
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
<b>2 การทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>4</b>
2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP).....	4
2.2 วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) .....	7
2.3 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) .....	9
2.3.1 การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ (Chromosome Encoding) .....	11
2.3.2 การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Population Initialization).....	13
2.3.3 กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Operation) .....	13
2.3.4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation).....	22
2.3.5 การคัดเลือก (Selection) .....	22
2.3.6 การหยุดกระบวนการ (Stop Criteria).....	23
2.4 โปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) .....	23

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	24
<b>3</b>	<b>วิธีการดำเนินการวิจัย.....</b>	<b>27</b>
3.1	การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....	28
3.1.1	ด้านประชากร .....	28
3.1.2	ด้านพื้นที่.....	28
3.1.3	ด้านข้อมูล .....	29
3.2	การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ของการขนส่งจากจุดส่งเดียว .....	31
3.3	การสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm).....	31
3.4	การพัฒนาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm).....	35
3.4.1	การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบจากคำตอบตั้งต้น (Chromosome Encoding) .....	36
3.4.2	การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบเพิ่ม (Create Chromosome) เพื่อเป็นประชากรตั้งต้น .....	37
3.4.3	การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ของประชากรตั้งต้น .....	38
3.4.4	การคัดเลือกโครโมโซม โดยการใช้วงกลมรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) .....	38
3.4.5	กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Operation) .....	42
3.4.6	การแทนที่ (Replacement) .....	43
3.4.7	การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ของโครโมโซมรุ่นลูกใหม่ .....	44
3.4.8	การบันทึกค่าโครโมโซมที่ดีที่สุด .....	45
3.4.9	ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดกระบวนการ (Stop Criteria) .....	45
3.4.10	การคัดเลือกคำตอบที่ดีที่สุด (Selection) .....	46
3.5	การออกแบบพัฒนาโปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) .....	48
<b>4</b>	<b>ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล .....</b>	<b>49</b>
4.1	การสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm).....	49

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1	กรณีศึกษาที่ 1 .....	49
4.1.2	กรณีศึกษาที่ 2 .....	50
4.1.3	กรณีศึกษาที่ 3 .....	51
4.1.4	กรณีศึกษาที่ 4 .....	51
4.1.5	กรณีศึกษาที่ 5 .....	52
4.1.6	กรณีศึกษาที่ 6 .....	53
4.1.7	กรณีศึกษาที่ 7 .....	54
4.1.8	กรณีศึกษาที่ 8 .....	54
4.2	การพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) .....	56
4.2.1	กรณีศึกษาที่ 1 .....	56
4.2.2	กรณีศึกษาที่ 2 .....	57
4.2.3	กรณีศึกษาที่ 3 .....	58
4.2.4	กรณีศึกษาที่ 4 .....	58
4.2.5	กรณีศึกษาที่ 5 .....	59
4.2.6	กรณีศึกษาที่ 6 .....	60
4.2.7	กรณีศึกษาที่ 7 .....	61
4.2.8	กรณีศึกษาที่ 8 .....	61
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	65
5.1	สรุปผลการวิจัย .....	65
5.2	ข้อเสนอแนะ .....	66
	รายการอ้างอิง .....	67
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. ปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย .....	69
	ภาคผนวก ข. ระยะห่างระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย .....	82



## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค. รหัสคำสั่งของวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัดและวิธีการเชิงพันธุกรรม ที่ใช้ในโปรแกรม Visual Basic for Application.....	91
ภาคผนวก ง. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ .....	123
ประวัติผู้เขียน .....	130



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ .....5
2.2	ความหมายของคำศัพท์ทางพันธุกรรม ..... 10
2.3	ตัวอย่างโครโมโซมของค่าความต้องการสินค้า ..... 11
2.4	ตัวอย่างการออกแบบโครโมโซมแบบลำดับ ..... 12
2.5	ตัวอย่างการออกแบบโครโมโซมแบบใช้ค่า/เครื่องหมายจริง ..... 12
2.6	ตัวอย่างการสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นเท่ากันทุกกรณี ..... 13
2.7	ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบหนึ่งจุด ..... 14
2.8	ตัวอย่างการถ่ายทอดยีนส์ที่ถูกตัดในช่วงแรกมายังโครโมโซมลูก ..... 14
2.9	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบหนึ่งจุด โดยทำการตัดตัวที่ซ้ำออก ..... 14
2.10	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซม โดยทำการถ่ายทอดยีนส์ที่ถูกตัดตัวซ้ำแล้ว .... 15
2.11	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบหนึ่งจุด ..... 15
2.12	ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด ..... 15
2.13	ตัวอย่างการถ่ายทอดยีนส์ที่ถูกตัดในช่วงมายังโครโมโซมลูก ..... 15
2.14	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด โดยทำการตัดตัวที่ซ้ำออก ..... 16
2.15	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด โดยทำการถ่ายทอดยีนส์ ที่ถูกตัดตัวซ้ำแล้ว ..... 16
2.16	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด ..... 16
2.17	ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX ..... 16
2.18	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX โดยทำการสลับยีนส์ ข้ามโครโมโซมของช่วงที่ถูกตัด ..... 17
2.19	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX โดยทำการเปลี่ยนค่ายีนส์ ตามแผนภาพความสัมพันธ์ ..... 17
2.20	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX ..... 17
2.21	ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ WMX ..... 18

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
2.22 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ WMX โดยทำการเปลี่ยนค่ายีนส์ตามแผนภาพความสัมพันธ์ .....	19
2.23 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ WMX .....	19
2.24 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบแทรก ขั้นตอนการเลือกโครโมโซม .....	19
2.25 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบแทรก ขั้นตอนการสุ่มตำแหน่งยีนส์ที่จะทำการแทรก .....	19
2.26 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบแทรก ขั้นตอนการสุ่มเลือกยีนส์ที่จะนำเข้ามาแทรก .....	20
2.27 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนภายในโครโมโซมแบบแทรก (Insertion Mutation) .....	20
2.28 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกโครโมโซม .....	20
2.29 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มตำแหน่งยีนส์ที่จะทำการเคลื่อนตำแหน่ง .....	20
2.30 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกช่วงยีนส์ที่จะนำเข้ามาเคลื่อนตำแหน่ง .....	21
2.31 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนภายในโครโมโซมแบบเคลื่อนตำแหน่ง (Displacement Mutation) .....	21
2.32 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกโครโมโซม .....	21
2.33 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มตำแหน่งยีนส์ .....	22
2.34 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสลับตำแหน่งยีนส์ .....	22
2.35 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง .....	22

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.1	แสดงรายการสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งทั้งหมด 25 รายการ .....29
3.2	แสดงตัวอย่างการสร้างตารางแสดงระยะทางระหว่างแต่ละจุดการขนส่ง .....33
3.3	แสดงตัวอย่างการสร้างตารางแสดงค่าระยะทางประหยัดของแต่ละจุดการขนส่ง .....34
3.4	แสดงตัวอย่างผลการจัดเส้นทางของการขนส่งสินค้า.....35
3.5	แสดงตัวอย่างคำตอบตั้งต้นจากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด.....36
3.6	แสดงตัวอย่างโครโมโซมตั้งต้น.....37
3.7	แสดงตัวอย่างการสลับยีนส์สร้างโครโมโซมแทนคำตอบเพิ่ม .....37
3.8	แสดงตัวอย่างการประเมินค่าความเหมาะสมของประชากรตั้งต้น .....38
3.9	แสดงผลการหาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกและความน่าจะเป็นในการถูก คัดเลือกสะสมของโครโมโซมตั้งต้น.....39
3.10	แสดงโครโมโซมพ่อแม่ที่ได้จากการคัดเลือกโดยวงล้อรูเล็ต .....40
3.11	แสดงผลการหาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกและความน่าจะเป็นในการถูก คัดเลือกสะสมใหม่เพื่อคัดเลือกโครโมโซมแม่.....41
3.12	แสดงโครโมโซมแม่ที่ได้จากการคัดเลือกโดยวงล้อรูเล็ต.....41
3.13	แสดงตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนข้ามโครโมโซม .....42
3.14	แสดงผลของการแลกเปลี่ยนโครโมโซม .....42
3.15	แสดงตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม .....43
3.16	แสดงผลของการซ่อมแซมโครโมโซม .....43
3.17	แสดงการแทนที่โครโมโซมรุ่นพ่อ-แม่ด้วยโครโมโซมรุ่นลูก .....43
3.18	แสดงตัวอย่างการประเมินค่าความเหมาะสมประชากรโครโมโซมรุ่นลูก รุ่นที่ 1 .....44
3.19	แสดงผลคำตอบของกระบวนการเชิงพันธุกรรม .....46
4.1	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 1.....50
4.2	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 2.....50
4.3	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 3.....51
4.4	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 4.....52
4.5	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 5.....52

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.6	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้น โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัยด กรณีศึกษาที่ 6.....53
4.7	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้น โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัยด กรณีศึกษาที่ 7.....54
4.8	แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้น โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัยด กรณีศึกษาที่ 8.....55
4.9	แสดงระยะทางรวมของคำตอบตั้งต้น โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัยด ในปัญหาการทดสอบ 8 กรณีศึกษา .....55
4.10	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 1 .....56
4.11	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 2 .....57
4.12	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 3 .....58
4.13	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 4 .....59
4.14	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 5 .....59
4.15	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 6 .....60
4.16	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 7 .....61
4.17	แสดงผลลัพธ์ของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 8 .....62
4.18	แสดงระยะทางรวมของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้น โดยวิธีการเชิงพันธุกรรม .....62
4.19	แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์วิธีการเชิงพันธุกรรมและวิธีอัลกอริทึมแบบประหัยด .....63
ก.1	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 1 ..... 70
ก.2	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 2 ..... 72
ก.3	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 3 ..... 73

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.4	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 4 ..... 74
ก.5	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 5 ..... 76
ก.6	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 6 ..... 78
ก.7	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 7 ..... 79
ก.8	แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 8 ..... 81
ข.1	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 1 ..... 83
ข.2	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 2 ..... 84
ข.3	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 3 ..... 85
ข.4	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 4 ..... 86
ข.5	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 5 ..... 87
ข.6	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 6 ..... 88
ข.7	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 7 ..... 89
ข.8	แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 8 ..... 90





## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถเพียง 1 เส้นทาง (TSP).....6
2.2	ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถหลายเส้นทาง (MTSP).....7
2.3	วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm).....8
2.4	การส่งสินค้าแบบ 1 เที่ยว ต่อ 1 ลูกค้า.....9
2.5	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนสินค้าข้ามโครโมโซมแบบ PMX โดยทำการสร้างแผนภาพ ความสัมพันธ์.....17
2.6	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนสินค้าข้ามโครโมโซมแบบ WMX โดยทำการสร้างแผนภาพ ความสัมพันธ์.....18
3.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย.....27
3.2	แสดงตัวอย่างรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งสินค้า.....28
3.3	แสดงแผนภาพขั้นตอนการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด .....32
3.4	แสดงการสร้างวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) .....40
3.5	แสดงแผนภาพขั้นตอนการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม .....47
5.1	แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด .....66

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การขนส่งสินค้าในปัจจุบันนั้นถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกระจายสินค้าจากศูนย์กลางการกระจายสินค้าจากผู้ผลิตไปสู่ผู้บริโภคซึ่งในกระบวนการขนส่งสินค้านั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายสินค้าในแต่ละครั้งอยู่หลายปัจจัย เช่น จำนวนและขนาดของรถขนส่งสินค้า ปริมาณของสินค้าที่จะจัดส่งและเวลาในการขนส่ง เป็นต้น ในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งนั้นการจัดเก็บและการขนส่งมีผลต่อคุณภาพของสินค้าเป็นอย่างมาก เพราะฉะนั้นผู้จัดส่งสินค้าจะต้องคำนึงถึงเรื่องของอุณหภูมิห้องเย็นต้องเหมาะสมและจัดส่งสินค้าตรงเวลารวดเร็วตามที่ได้วางแผนไว้ ดังนั้นการวางแผนเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะทำให้ผู้ขนส่งได้เส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุด เพื่อคงคุณค่าของอาหาร ความพึงพอใจของลูกค้าและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ผู้จัดทำจึงได้มุ่งเน้นศึกษาปัญหาเพื่อช่วยแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่ต้องการระบบการจัดเส้นทางที่เหมาะสม ลดระยะทางและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งมากที่สุด ในด้านการจัดการขนส่งสินค้าผู้จัดทำได้ศึกษาการใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าให้ได้เส้นทางในการขนส่งที่เหมาะสม ลดระยะทางและลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งมากที่สุด

การจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาไปยังกลุ่มลูกค้าที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ภายในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางในการเดินรถขนส่งสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Google Map) ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มลูกค้าภายในพื้นที่บริเวณต่างๆ เพื่อความแม่นยำในการคำนวณที่มากขึ้น และสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) ในการช่วยหาคำตอบที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) บน Microsoft Excel

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อหาวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม สามารถลดระยะทางในการขนส่งได้มากที่สุด

- 1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุด
- 1.2.3 เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่ช่วยในการหาคำตอบด้วยโปรแกรม VBA on Excel (Visual Basic for Application on Microsoft Excel)

### 1.3 สมมุติฐานการวิจัย

ในด้านการจัดการขนส่งผู้จัดทำได้ศึกษาการใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าให้ได้เส้นทางในการขนส่งที่เหมาะสม สามารถลดระยะทางในการขนส่งได้มากที่สุด

โดยทำการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Google map) ในการหาตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มลูกค้า และสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) ในการช่วยหาคำตอบที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม VBA on Excel (Visual Basic for Applications on Microsoft Excel)

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ศูนย์กระจายสินค้าในที่นี้ หมายถึง สถานที่ผลิตสินค้าที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในการเช่าอาคารในการจัดเก็บ
- 1.4.2 การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า เริ่มต้นที่ศูนย์กระจายสินค้าไปสู่ร้านค้าตัวแทนจำหน่าย ในกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล
- 1.4.3 จุดกระจายสินค้ามีเพียงที่เดียว (Single Depot)
- 1.4.4 บริษัทตัวแทนจำหน่ายมีจำนวนทั้งหมด 54 แห่ง โดยใช้ข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษา
- 1.4.5 รถที่ใช้ในการขนส่งสินค้ามีรูปแบบเดียว คือ รถบรรทุก 4 ล้อ
- 1.4.6 รถที่ใช้ในการขนส่งสินค้ามีอัตราบรรทุกจำกัดอยู่ที่ 4.5 ลูกบาศก์เมตรหรือ จำกัดที่ 60 กล่องต่อหนึ่งคัน
- 1.4.7 การกำหนดค่าต่างๆ เช่น สถานที่ของบริษัทตัวแทนจำหน่าย สถานที่ที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า ปริมาณความต้องการของร้านค้าตัวแทนจำหน่ายและกรอบระยะทางนั้นสร้างจากตัวเลขจริง โดยใช้เส้นทางหลักในการขนส่งเท่านั้น

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้เส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุดสามารถลดระยะทางในการขนส่งสินค้าได้
- 1.5.2 เพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้เหมาะสมที่สุด
- 1.5.3 เครื่องมือที่พัฒนาสามารถนำมาหาคำตอบของปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางขนส่งสินค้าได้



## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วย ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP)

ณกร อินทร์พุง (2548) ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการด้านลอจิสติกส์อย่างหนึ่ง อาจะหมายถึง การขนส่งวัตถุดิบจากผู้ผลิต (Supplier หรือ Vendor) ไปยังโรงงานที่ผลิตสินค้า (Factory Plant) หรือ การขนส่งสินค้าไปยังคลังเก็บสินค้า (Warehouse) หรือลูกค้า (Customer) บริษัทต้องการหาวิธีการขนส่งสินค้าและการกระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของบริษัท การลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานนั้นอาจจะประกอบไปด้วย การใช้ยานพาหนะที่มีจำนวนน้อยลง การใช้ระยะทางในการขนส่งที่น้อยลง การลดระยะเวลาความล่าช้าในการขนส่งสินค้าและการเพิ่มระดับการให้บริการในการขนส่ง เป็นต้น

โดยทั่วไปสามารถแบ่งระดับการวางแผนการจัดการการขนส่งสินค้าได้เป็น 3 ระดับ คือ

1. การวางแผนเชิงกลยุทธ์ (Strategic Planning)
2. การวางแผนเชิงควบคุม (Tactical Planning)
3. การวางแผนเชิงปฏิบัติการ (Operetional Planning)

การวางแผนเชิงกลยุทธ์ (Strategic Planning) เป็นส่วนของการวางแผนที่เกี่ยวข้องกับนโยบายหรือทิศทางในการบริหารและการดำเนินการของบริษัท เช่น การออกแบบและกำหนดที่ตั้งของโรงรถ (Depot) หรือคลังเก็บสินค้า (Warehouse) ขอบเขตของพื้นที่การให้บริการ ส่วนแบ่งการตลาด เป็นต้น ส่วนการตัดสินใจของบริษัทที่จะซื้อรถบรรทุกหรือยานพาหนะจำนวนกี่คัน เป็นรถบรรทุก 10 ล้อ 6 ล้อ หรือรถพ่วงเป็นจำนวนกี่คันนั้นอยู่ในขั้นตอนการวางแผนเชิงควบคุม

(Tactical Planning) ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่เรากำลังพิจารณานั้นอยู่ในส่วนของ การวางแผนเชิงปฏิบัติการ (Operational Planning) นั่นคือ บริษัทจะต้องจัดการการขนส่งสินค้าหรือ การกระจายสินค้าอย่างไร และจะกำหนดเส้นทางของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งอย่างไรเพื่อให้ เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด

### ประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

ปัญหาพื้นฐานของการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะเป็นการกำหนดเส้นทางของ ยานพาหนะแต่ละคัน เพื่อไปให้บริการลูกค้าที่กำหนดโดยค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะของแต่ละบริษัทแต่ละกรณีศึกษานั้นอาจจะมีลักษณะ ที่แตกต่างกันออกไป ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับบริษัทที่กำหนดให้ ยานพาหนะทุกคันจะต้องออกจากและกลับเข้าสู่ที่โรงรถอันใดอันหนึ่งเท่านั้น (Single Depot) หรือ ยานพาหนะจะต้องออกจากโรงรถที่หนึ่งแต่อาจจะกลับเข้าสู่โรงรถในที่อื่นๆได้ (Multiple Depots) หรือแม้กระทั่งการออกแบบเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่บริษัทมียานพาหนะจำนวนหลายๆคัน เวลาที่ให้บริการและความสามารถในการบรรทุกสินค้าของยานพาหนะแต่ละคันที่อาจเท่ากัน หรือไม่เท่ากัน เป็นต้น ดังนั้น เราอาจจะจำแนกปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะออกเป็น ลักษณะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
1. จำนวนของยานพาหนะ (Fleet)	- จำนวน 1 คัน - จำนวนหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle Type)	- ประเภทเดียวกันหมด - หลายๆประเภท
3. โรงจอดรถ (Depot) หรือคลังสินค้า (Warehouse)	- จำนวน 1 ที่ - จำนวนหลายๆที่
4. ความต้องการในการขนส่ง (Transport Demand)	- ความต้องการที่แน่นอน (Deterministic) - ความต้องการที่ไม่แน่นอน (Stochastic)
5. จุดกำเนิดของความต้องการ (Demand Location)	- ที่ตำแหน่ง (Node หรือ Point) - ที่เส้นทาง (Arc หรือ Route) - ที่ตำแหน่งและเส้นทาง (Mix)

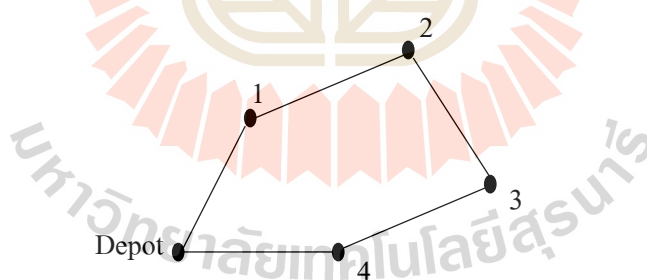


ตารางที่ 2.1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (ต่อ)

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือก
6. ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ (Vehicle Capacity)	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน
7. เวลาในการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด (Maximum Route Time)	- เท่ากันหมด - ไม่เท่ากัน
8. ข้อจำกัดทางด้านเวลาในการขนส่ง (Time Windows)	- แบบด้านเดียว (Single-Sided) - แบบสองด้าน (Double-Sided)

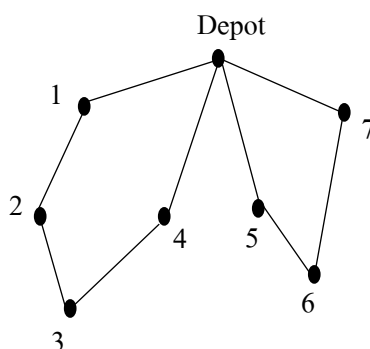
จากตารางข้างต้นทำให้เกิดแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งที่มีความซับซ้อนและแปรเปลี่ยนไปตามรายละเอียดขององค์ประกอบของปัญหาได้ ธเนศ ทักษิณวราจาร (2543) ได้จัดวิธีการจำลองปัญหาโดยเรียงลำดับจากปัญหาที่มีความซับซ้อนน้อยไปมาก ดังนี้

1. การจัดเส้นทางการเดินทางเพียง 1 เส้นทาง (Traveling Salesman Problem, TSP) เป็นปัญหาในระดับง่ายสุด เนื่องจากการจัดลำดับการขนส่งที่ใช้เส้นทางเดียวให้กับลูกค้าต่าง ๆ โดยออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียว และไม่มีข้อจำกัดของเวลาและความจุของรถ โดยผลลัพธ์ของเส้นทางที่จัดได้จะเริ่มและสิ้นสุด ที่ศูนย์กระจายสินค้าและผ่านลูกค้าแต่ละรายเพียงครั้งเดียว



รูปที่ 2.1 ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินทางเพียง 1 เส้นทาง (TSP)

2. การจัดเส้นทางการเดินทางแบบหลายเส้นทาง (Multiple Traveling Salesman Problem, MTSP) เป็นปัญหาในการจัดลำดับการส่งสินค้าโดยใช้เส้นทางหลายเส้นทางให้กับลูกค้าต่างๆ โดยออกจากศูนย์กระจายสินค้าเดียวโดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและความจุของรถ



รูปที่ 2.2 ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถหลายเส้นทาง (MTSP)

3. ปัญหาการจัดเส้นทางแบบ Classical Vehicle Routing Problem (Classical VRP) ปัญหาในระดับนี้จะเป็นการหาจำนวนเส้นทางและลำดับในการส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย ภายใต้ข้อจำกัดของรถซึ่งบรรทุกสินค้าได้ไม่เกินความจุที่กำหนดไว้

## 2.2 วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm)

ณกร อินทร์พวง (2548) วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดเป็นวิธี Constructive ชนิดหนึ่งที่ถูกเสนอโดย Clarke และ Wright ในปี ค.ศ.1964 วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในทางปฏิบัติ เพราะเป็นวิธีที่ง่ายและให้คำตอบที่ตรงไปตรงมา แม้ว่าวิธีนี้จะไม่ประกันถึงการได้คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม สำหรับปัญหาการตัดสินใจที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดยังคงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งซึ่งเราสามารถคำนวณหาคำตอบได้โดยปราศจากการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเพียงแค่อาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการประมวลผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ในปัจจุบันมีการนำวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมาใช้ร่วมกับวิธีวิวัฒนาการตามธรรมชาติอื่นๆ เช่น วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm), วิธีทาบู (Tabu Search) หรือวิธี Simulated Annealing เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการหาคำตอบให้มากยิ่งขึ้น

โดย Clark and Wright ได้พิจารณาการจัดเส้นทางเดินรถที่มีความต้องการของลูกค้าหลายแห่ง รถมีความจุหลายขนาดส่งสินค้าออกจากคลังสินค้าเพียงแห่งเดียวซึ่งได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมที่สุด ผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้ คือ ทำให้ทราบจำนวนรถที่จะใช้ในการขนส่งและปริมาณสินค้าที่ขนส่งของรถแต่ละคัน

โดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียงจำนวน 1 คนเท่านั้น ดังนั้น เราจะได้เส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้า

2. คำนวณค่าความประหยัด (Savings) ซึ่งเขียนแทนด้วย  $S_{ij}$  ระหว่างลูกค้า 2 คน นั่นคือ ลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$

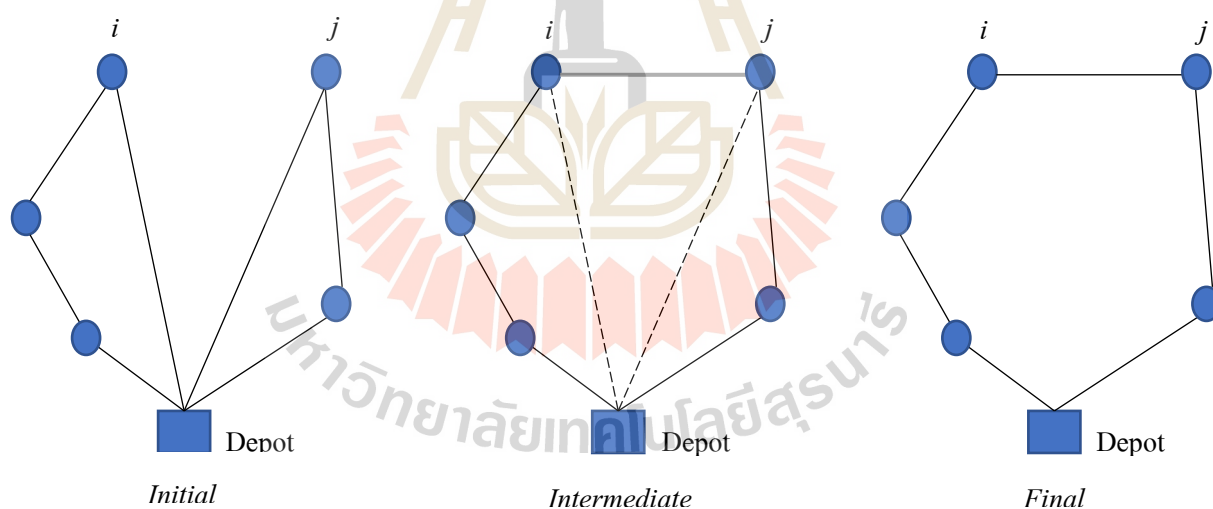
$$S_{ij} = c_{Di} + c_{jD} - c_{ij}$$

โดยที่  $S_{ij}$  = ระยะการเดินทางที่ประหยัดได้ เมื่อวิ่งรถรอบเดียว

$c_{ij}$  = เป็นค่าใช้จ่าย เวลา หรือระยะทาง ระหว่างลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  (ในตัวอย่างนี้ เราใช้ระยะทางแทนค่าใช้จ่าย)

$D$  = แทนสัญลักษณ์ของ Depot เช่น  $c_{Di}$  หมายถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ระหว่าง Depot และลูกค้า  $i$

3. จัดเรียงลำดับค่าความประหยัด (Saving) จากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด ถ้าค่า Savings มีเครื่องหมายเป็นบวก เราจะทำการรวมลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน นั่นคือ เราจะได้เส้นทางในการขนส่งสินค้า D-i-j-D ลักษณะของวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด แสดงดังรูปที่ 2.3

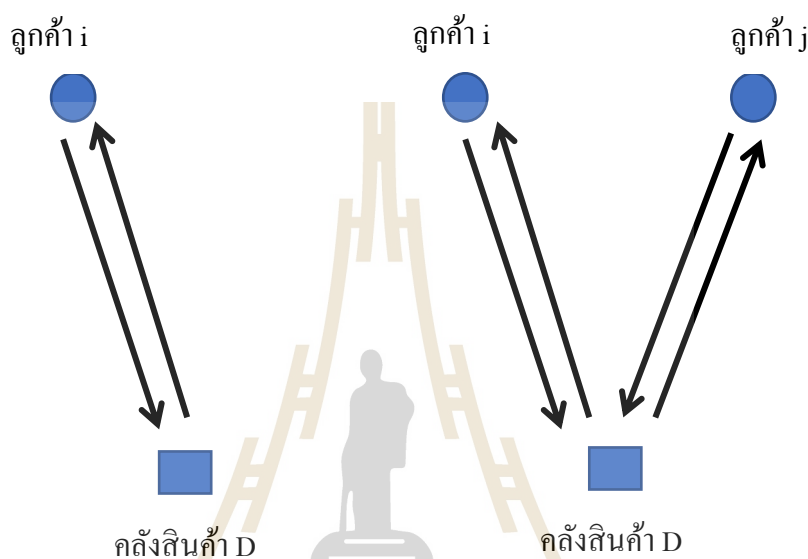


รูปที่ 2.3 วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm)

จากรูปที่ 2.3 (Initial) แสดงวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ในระยะเริ่มต้น นั่นคือ ลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  อยู่คนละเส้นทาง จากนั้นใน รูปที่ 2.3 (Intermediate) แสดงวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ในระยะชั้นกลางซึ่งเป็นการทดลองรวมให้ลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  อยู่ในเส้นทางเดียวกัน ในขั้นตอนสุดท้าย (Final) เมื่อคำนวณค่า Saving จากการรวมให้ลูกค้าอยู่ในเส้นทางเดียวกันมีเครื่องหมายเป็น

บวก (Positive Sign) เราจึงกำหนดให้ ลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  อยู่ในเส้นทางเดียวกัน จากรูปในขั้นตอนสุดท้าย (Final) เราจะเห็นว่า รถบรรทุกเดินทางออกจาก Depot รับสินค้าที่ลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$  หลังจากนั้นเดินทางกลับเข้ามาที่ Depot

วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดเป็นทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในการจัดการปัญหาการขนส่ง ยานพาหนะ ใจความของทฤษฎีไม่ซับซ้อน คือ พิจารณาการส่งจากคลังสินค้า  $D$  ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การส่งสินค้าแบบ 1 เที่ยว ต่อ 1 ลูกค้า

จากรูปที่ 2.4 ถ้าใช้รถ 1 คัน วิ่งส่งสินค้าให้ลูกค้า 2 ราย ( $i$  และ  $j$ ) ในเที่ยวเดียวกันระยะทางทั้งหมดจะลดลงเท่ากับ  $S(i, j) = 2d(D, i) + 2d(D, j) - [d(D, i) + d(i, j) + d(D, j)] = d(D, i) + d(D, j) - d(i, j)$  ค่า Saving  $S(i, j)$  ที่ได้คือระยะทางที่สามารถลดได้ หากระยะทางระหว่างลูกค้าใดทำให้เกิดค่า Saving สูงก็หมายความว่า สามารถลดระยะทางได้มาก

## 2.3 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ณกร อินทร์พุง (2548) วิธีการหาคำตอบโดยวิธีเชิงพันธุกรรมถูกคิดค้นครั้งแรกเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1975 โดย John Holland แนวคิดของวิธีนี้เลียนแบบขั้นตอนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Natural Evolution) ตามคำกล่าวของนักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อ Charles Darwin “เผ่าพันธุ์ที่มีความแข็งแรงที่สุดเท่านั้นที่สามารถจะดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้ (Survival of The Fittest)” ดังนั้นวิธีการเชิงพันธุกรรม (GA) นั้นก็เป็นวิธีการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจอันหนึ่งที่เลียนแบบ

ลักษณะของการวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithm) โดยตั้งอยู่บนแนวความคิดของการเลือกผ่านพันทางธรรมชาติ (Natural Selection) และวิธีการทางพันธุกรรม (Genetics) นอกจากนี้ วิธีการเชิงพันธุกรรมอาจถูกพิจารณาว่าเป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่มีความฉลาดมากขึ้น (Intelligent Search)

วิธีการเชิงพันธุกรรมได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อนและมีตัวแปรและเงื่อนไขของปัญหาเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นวิธีเมตาฮิวริสติกส์อันหนึ่ง นอกเหนือจากวิธี Simulated Annealing (SA) และวิธีทาบู (Tabu Search) จากที่เราทราบกันคืออยู่แล้วว่า วิธีฮิวริสติกส์ใดๆจะให้คำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่นั้น ซึ่งเราไม่สามารถประกันหรือพิสูจน์ได้ว่าคำตอบที่ได้นั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ ดังนั้น วิธีการเชิงพันธุกรรมก็ไม่สามารถประกันได้ว่าจะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้

เนื่องจากวิธีการเชิงพันธุกรรมนี้เลียนแบบวิธีทางพันธุกรรมทางธรรมชาติได้อย่างค่อนข้างสมเหตุสมผล หรือค่อนข้างดูน่าเชื่อถือ วิธีนี้จึงอาจนับได้ว่าเป็นวิธีที่ค่อนข้างแพร่หลายและถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย อาทิเช่น การแยก DNA ในวงการแพทย์ การออกแบบขั้นตอนการตกผลึกทางอุตสาหกรรมเคมี การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์ เป็นต้น เหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ วิธีการหาคำตอบเชิงพันธุกรรมนี้มีโครงสร้างที่ไม่สลับซับซ้อน และมีความยืดหยุ่นมาก (Generalisation) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาการตัดสินใจใดๆได้ทันที หรือเพียงแค่ดัดแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 2.2 ความหมายของคำศัพท์ทางพันธุกรรม

คำศัพท์ทางพันธุกรรม	ความหมาย
1. โครโมโซม (Chromosome)	สตริงของผลลัพธ์ในรูปแบบของตัวแปรต่างๆ
2. ยีนส์ (Gene)	ตำแหน่งของตัวแปรต่างๆบนชุดสตริง
3. จำนวนประชากร (Population)	จำนวนผลลัพธ์สำหรับการพัฒนาหาค่าที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่น
4. จำนวนรุ่นประชากร (Generation)	จำนวนรอบของการพัฒนา เพื่อค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
5. การคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Natural Selection)	การประเมินความเหมาะสมของโครโมโซม โดยการกำหนดฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เช่น การคัดเลือกแบบ Tournament, Roulette Wheel Selection, Elitise เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ความหมายของคำศัพท์ทางพันธุกรรม (ต่อ)

คำศัพท์ทางพันธุกรรม	ความหมาย
6. การแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซม (Crossover)	เป็นการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมระหว่างโครโมโซมพ่อและแม่ โดยการกำหนดจุดแบ่งหรือช่วงของยีนส์ในโครโมโซมพ่อและแม่และทำการสลับเพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูก
7. การแลกเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม หรือ การผ่าเหล่า (Mutation)	เป็นการแลกเปลี่ยนยีนส์ภายในของโครโมโซมรุ่นลูก เพื่อหลีกเลี่ยงผลลัพธ์ที่เป็นค่าท้องถิ่น (Local Optimal Solution)

ระพีพันธุ์ ปิตาศะโส (2554) ได้จัดทำระเบียบขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) มีขั้นตอนหลักโดยทั่วไปประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ (Chromosome Encoding)
2. การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)
3. กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Operation)
4. การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)
5. การคัดเลือก (Selection)
6. การหยุดกระบวนการ (Stop Criteria)

### 2.3.1 การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ (Chromosome Encoding)

การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ (Chromosome Encoding) เป็นขั้นตอนการออกแบบโครโมโซมเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาจริงที่ต้องการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วย GA วิธีการออกแบบโครโมโซมเพื่อแทนคำตอบมีหลายวิธี ดังนี้

#### 1. การออกแบบโครโมโซมแบบไบนารี (Binary Encoding)

เป็นการออกแบบโครโมโซมที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณหาค่าสูงสุด (Maximum) หรือค่าต่ำสุด (Minimum) ซึ่งแทนค่าด้วย 0 หรือ 1 เท่านั้น ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างค่าโครโมโซมของค่าความต้องการสินค้า

ลูกค้าจุดที่	1	2	3	4	5	6
โครโมโซม	1	0	1	1	0	1



จากตารางที่ 2.3 สมมติว่าแทนค่า 1 คือมีความต้องการสินค้า และ 0 คือไม่มีความต้องการสินค้า โครโมโซมที่ได้คือ 101101 โดยแต่ละส่วนภายในโครโมโซม เรียกว่า ยีนส์ (Gene) เช่น ยีนส์ที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1 และยีนส์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0 เป็นต้น จะเห็นได้ว่าลูกค่าที่มีความต้องการสินค้า คือ ลูกค่าลำดับที่ 1, 3, 4 และ 6 ลูกค่าที่ไม่มีความต้องการสินค้า คือ ลูกค่าลำดับที่ 2 และ 5

## 2. การออกแบบโครโมโซมแบบลำดับ (Permutation Encoding)

เป็นการออกแบบโครโมโซมที่ใช้เป็นตัวเลขทั่วไปได้ เช่น ตัวเลข 1-100 หรือมากกว่า ซึ่งตัวเลขแต่ละตัวบอกถึงลำดับขั้นในการทำงานหรือเดินทาง เช่น ปัญหาการจัดลำดับการผลิต หรือ ปัญหา TSP ยกตัวอย่าง เช่น ปัญหา TSP ที่มีเมืองที่ต้องเดินทางให้ครบทุกเมืองในเส้นทางเดียวทั้งหมด 7 เมือง โดยแถวแรกเป็นลำดับของการเดินทาง แถวที่ 2 เป็นโครโมโซมที่แทนคำตอบ ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการออกแบบโครโมโซมแบบลำดับ

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7
โครโมโซม	7	4	2	1	5	6	3

จากตารางที่ 2.4 แสดงให้เห็นว่ามีเมืองที่ต้องเดินทางไปทั้งหมด 7 เมือง เมืองที่เดินทางผ่านเป็นลำดับแรกคือเมืองที่ 7 ถัดจากนั้นเดินทางไปเมืองที่ 4, 2, 1, 5, 6 และ 3 ตามลำดับ

## 3. การออกแบบโครโมโซมแบบใช้ค่า/เครื่องหมายจริง (Value Encoding)

เป็นการออกแบบโครโมโซมที่ใช้เลขจำนวนจริงหรือใช้อักษรที่เป็นตัวแทนของคำตอบจริง ๆ มาใช้ในการแทนค่าในโครโมโซม ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างการออกแบบโครโมโซมแบบใช้ค่า/เครื่องหมายจริง

สัปดาห์ที่	1	2	3	4	5	6	7
โครโมโซม	20	150	0	200	180	0	80

จากตารางที่ 2.5 สมมติว่าเป็นปัญหาในการวางแผนการผลิตแสดงให้เห็นว่า สัปดาห์ที่ 1 มีการผลิต 20 หน่วย และสัปดาห์ที่ 2 มีการผลิต 150 หน่วย เป็นต้น

### 2.3.2 การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)

การสร้างประชากรเริ่มต้นเป็นการสร้างประชากรต้นแบบขึ้นมาเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนการวิวัฒนาการ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกที่เกิดขึ้นก่อนที่จะเริ่มเข้ากระบวนการของ GA โดยประชากรกลุ่มแรกหรือประชากรต้นกำเนิดอาจจะเกิดจากการสุ่มหรือการกระทำใดๆ เพื่อให้ได้ประชากรต้นแบบจำนวนหนึ่ง อาจใช้วิธีการเดียวกันหรือต่างกันได้ โดยจำนวนของประชากรต้นแบบที่สร้างขึ้นมานี้เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องตั้งขึ้นมาก่อนที่จะเริ่มกระบวนการของ GA วิธีการหาประชากรเริ่มต้นมีหลากหลายวิธี ดังนี้

#### 1. การสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นเท่ากันทุกกรณี (Random)

จากปัญหาการหาขนาดการผลิตในแต่ละเดือน ถ้าตัดสินใจว่าจะผลิต (ยีนส์เท่ากับ 1) หรือถ้าไม่ผลิต (ยีนส์เท่ากับ 0) ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างการสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นเท่ากันทุกกรณี

เดือน	ตัวเลขสุ่ม	ผลการสุ่ม
1	0.55	0
2	0.37	1
3	0.78	0
4	0.25	1

จากตารางที่ 2.6 ในแต่ละเดือนยีนส์ที่เป็นไปได้ คือ 0 กับ 1 ซึ่งมีความน่าจะเป็นเท่ากันจากการสุ่มหากสุ่มได้เลขที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จะเลือกผลิต เช่น สัปดาห์ที่ 2 และ 4 และหากสุ่มได้เลขที่มากกว่า 0.5 จะไม่ทำการผลิต เช่น สัปดาห์ที่ 1 และ 3 เป็นต้น

#### 2. การสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นไม่เท่ากัน (Greedy Random)

ในการสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นเท่ากัน ทุกทางเลือกจะมีความน่าจะเป็นเท่ากัน ส่วนในการสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นไม่เท่ากันหรือที่เรียกว่า Greedy Random แต่ละทางเลือกจะมีความน่าจะเป็นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรบางตัวในปัญหานั้นๆ

### 2.3.3 กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Operation)

กระบวนการเชิงพันธุกรรมเป็นกระบวนการเพื่อให้เกิดการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากประชากรรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง โดยมีขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ การแลกเปลี่ยนยีนส์ข้าม

โครโมโซม (Crossover) และการปรับเปลี่ยนยีนภายในโครโมโซม (Mutation) ในกระบวนการนี้ จะมีการค้นหาและพัฒนาผลคำตอบเพื่อหาผลเฉลยที่ดีขึ้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 1. การแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซม (Crossover)

เป็นขั้นตอนที่ทั้งโครโมโซมพ่อและแม่ (Parents) ดำเนินการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างกันเพื่อสร้างโครโมโซมชุดใหม่ คือ โครโมโซมลูก (Offspring) โดยทั่วไปการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมมีความน่าจะเป็น (Crossover Probability) ในการเกิดประมาณ 0.6 – 0.9 โดยวิธีการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมซึ่งมีหลายวิธี ดังนี้

#### ■ การแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบหนึ่งจุด (Single Point Crossover)

โดยการนำโครโมโซมของพ่อและแม่มาทำการสุ่มตำแหน่งจุดตัดจำนวน 1 จุด ซึ่งจุดตัดของโครโมโซมพ่อและแม่ต้องตรงกันแล้วจึงตัดโครโมโซมออกเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบหนึ่งจุด

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 3 4   2 6 1 5 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 6 5   4 1 3 2 )

ทำการถ่ายทอดยีนในช่วงแรกที่ทำกรตัดจากโครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ ) และแม่ ( $P_2$ ) ไปยังโครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ ) และลูกคนที่ 2 ( $O_2$ ) ตามลำดับ และแทนค่าด้วยเครื่องหมาย X ในช่วงหลังที่ยังไม่ได้รับการถ่ายทอดยีน ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างการถ่ายทอดยีนที่ถูกตัดในช่วงแรกมายังโครโมโซมลูก

โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 3 4   X X X X )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 6 5   X X X X )

เมื่อได้ถ่ายทอดยีนในช่วงแรกเสร็จแล้วจากนั้นพิจารณา ยีนจากพ่อและแม่ โดยทำการตัดยีนที่มีค่าซ้ำกับในส่วนที่ถูกได้รับการถ่ายทอดแล้วออกไป ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบหนึ่งจุด โดยทำการตัดตัวที่ซ้ำออก

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 3 4 2 X 1 X )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 6 5 X 1 X 2 )

ทำการถ่ายทอดยีนส์จากพ่อและแม่ที่ได้ทำการตัดค่าที่ซ้ำออกไปแล้วไปยังรุ่นลูกในส่วนที่ยังไม่ได้รับการถ่ายทอด โดยโครโมโซมพ่อ ( $P_1$ ) ไปยังโครโมโซมลูกคนที่ 2 ( $O_2$ ) และโครโมโซมแม่ ( $P_2$ ) ไปยังโครโมโซมลูกคนที่ 1 ( $O_1$ ) ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซม โดยทำการถ่ายทอดยีนส์ที่ถูกตัดตัวซ้ำแล้ว

โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 3 4   6 5 1 2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 6 5   3 4 2 1 )

ตารางที่ 2.11 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบหนึ่งจุด

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( <u>3</u> 4 2 6 1 5 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( <u>6</u> 5 4 1 3 2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( <u>3</u> 4 6 5 1 2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( <u>6</u> 5 3 4 2 1 )

#### ■ การแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด (Two Point Crossover)

โดยการนำโครโมโซมของพ่อและแม่มาทำการสุ่มตำแหน่งจุดตัดจำนวน 2 จุด ซึ่งจุดตัดของโครโมโซมพ่อและแม่ต้องตรงกัน ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 2   6 4 5 1   3 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 5   2 6 1 3   4 )

ทำการถ่ายทอดยีนส์ในช่วงแรกที่ทำการตัดจากโครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ ) และแม่ ( $P_2$ ) ไปยังโครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ ) และลูกคนที่ 2 ( $O_2$ ) ตามลำดับ และแทนค่าด้วยเครื่องหมาย X ในช่วงหลังที่ยังไม่ได้รับการถ่ายทอดยีนส์ ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ตัวอย่างการถ่ายทอดยีนส์ที่ถูกตัดในช่วงมายังโครโมโซมลูก

โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 2   X X X X   3 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 5   X X X X   4 )

เมื่อได้ถ่ายทอดยีนส์ในช่วงแรกเสร็จแล้วจากนั้นพิจารณา ยีนส์จากพ่อและแม่ โดยทำการตัดยีนส์ที่มีค่าซ้ำกับในส่วนที่ลูกได้รับการถ่ายทอดแล้วออกไป ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด โดยทำการตัดตัวที่ซ้ำออก

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 2 6 X X 1 3 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 5 X 6 1 X 4 )

ทำการถ่ายทอดยีนส์จากพ่อและแม่ที่ได้ทำการตัดค่าที่ซ้ำออกไปแล้วไปยังรุ่นลูก ในส่วนที่ยังไม่ได้รับการถ่ายทอด โดยโครโมโซมพ่อ ( $P_1$ ) ไปยังโครโมโซมลูกคนที่ 2 ( $O_2$ ) และโครโมโซมแม่ ( $P_2$ ) ไปยังโครโมโซมลูกคนที่ 1 ( $O_1$ ) ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด โดยทำการถ่ายทอดยีนส์ที่ถูกตัดตัวซ้ำแล้ว

โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 2 5 6 1 4 3 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 5 2 6 1 3 4 )

ตารางที่ 2.16 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบสองจุด

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 2 6 4 5 1 3 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 5 2 6 1 3 4 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 2 5 6 1 4 3 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 5 2 6 1 3 4 )

#### ■ การแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ Partial Mapping Crossover (PMX)

เริ่มจากการสุ่มเลือกจุดตัดมาทั้งหมด 2 จุด โดยจุดตัดของทั้งโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ที่ทำการสุ่มขึ้นมาต้องมีจุดตัดที่ตรงกันด้วย ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX

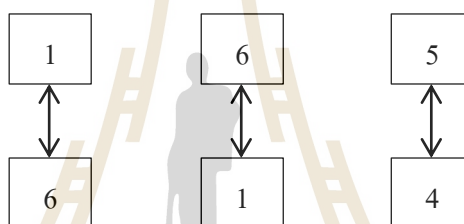
โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 5 3   6 1 4   2 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 4 2   1 6 5   3 )

จากนั้นทำการสลับยีนส์ที่อยู่ในช่วงของจุดตัดทั้ง 2 จุดของโครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ ) และโครโมโซมของแม่ ( $P_2$ ) เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูก ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.18

ตารางที่ 2.18 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX โดยทำการสลับยีนส์ข้ามโครโมโซมของช่วงที่ถูกตัด

โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 5 3   1 6 5   2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 4 2   6 1 4   3 )

พิจารณาช่วงของยีนส์ที่อยู่ในช่วงของจุดตัดทั้ง 2 จุด ของโครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ ) และโครโมโซมของแม่ ( $P_2$ ) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX โดยทำการสร้างแผนภาพความสัมพันธ์

จากนั้นสังเกตที่โครโมโซมลูกคนที่ 1 ( $O_1$ ) และโครโมโซมลูกคนที่ 2 ( $O_2$ ) ถ้ายีนส์ที่ไม่ได้อยู่ในช่วงที่ถูกตัดมีการซ้ำกับยีนส์ที่อยู่ในช่วงให้ทำการเปลี่ยนค่ายีนส์ตามแผนภาพความสัมพันธ์ ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.19

ตารางที่ 2.19 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX โดยทำการเปลี่ยนค่ายีนส์ตามแผนภาพความสัมพันธ์

โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 4 3   1 6 5   2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 5 2   6 1 4   3 )

ตารางที่ 2.20 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ PMX

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 5 3 <u>6</u> <u>1</u> <u>4</u> 2 )
--------------------------	--------------------------------------

ตารางที่ 2.20 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบ PMX (ต่อ)

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 5 3 <u>6</u> <u>1</u> 4 2 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 4 2 <u>1</u> <u>6</u> 5 3 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 4 3 <u>1</u> <u>6</u> 5 2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 5 2 <u>6</u> <u>1</u> 4 3 )

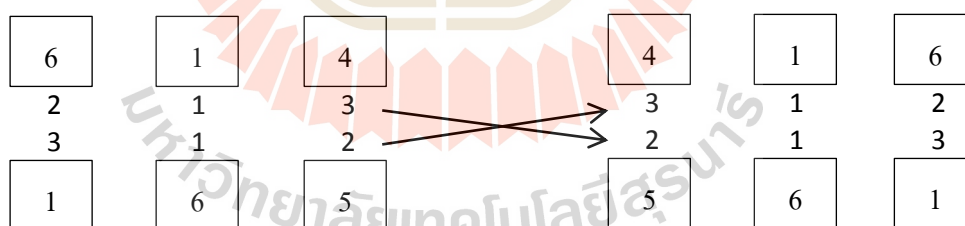
■ การแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบ Weight Mapping Crossover (WMX)

เริ่มจากการสุ่มเลือกจุดตัดมาทั้งหมด 2 จุด โดยจุดตัดของทั้งโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ที่ทำการสุ่มขึ้นมาต้องมีจุดตัดที่ตรงกันด้วย ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.21

ตารางที่ 2.21 ตัวอย่างการกำหนดจุดตัดการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบ WMX

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 5 3   6 1 4   2 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 4 2   1 6 5   3 )

จากนั้นทำการกำหนดค่าน้ำหนักโดยการสุ่มให้กับยีนที่อยู่ในช่วงของจุดตัดทั้ง 2 จุด ของโครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ ) และโครโมโซมของแม่ ( $P_2$ ) และทำการสลับค่าน้ำหนักระหว่างกัน จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนค่าของยีนส์ เพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูก ดังแสดงตัวอย่างรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนข้ามโครโมโซมแบบ WMX  
โดยทำการสร้างแผนภาพความสัมพันธ์

จากนั้นจะได้โครโมโซมลูกคนที่ 1 ( $O_1$ ) และโครโมโซมลูกคนที่ 2 ( $O_2$ ) ที่ได้ทำการสลับตำแหน่งของยีนส์ โดยการกำหนดค่าน้ำหนักโดยวิธีการสุ่มตามแผนภาพความสัมพันธ์ ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.22

ตารางที่ 2.22 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ WMX โดยทำการเปลี่ยนค่ายีนส์ตามแผนภาพความสัมพันธ์

โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 5 3   4 1 6   2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 4 2   5 6 1   3 )

ตารางที่ 2.23 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมแบบ WMX

โครโมโซมของพ่อ ( $P_1$ )	( 5 3 <u>6</u> <u>1</u> <u>4</u> 2 )
โครโมโซมของแม่ ( $P_2$ )	( 4 2 <u>1</u> <u>6</u> <u>5</u> 3 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 1 ( $O_1$ )	( 5 3 <u>4</u> <u>1</u> <u>6</u> 2 )
โครโมโซมของลูกคนที่ 2 ( $O_2$ )	( 4 2 <u>5</u> <u>6</u> <u>1</u> 3 )

## 2. การปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม (Mutation)

เป็นขั้นตอนถัดไปจากการครอสโอเวอร์ โดยโครโมโซมแต่ละตัวจะทำการแลกเปลี่ยนยีนส์ภายในของแต่ละโครโมโซม โดยทั่วไปการแลกเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมมีความน่าจะเป็น (Mutation Probability) ในการเกิดประมาณ 0.1 – 0.3 โดยวิธีการแลกเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมนี้มีหลายวิธีดังนี้

### ■ การปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบแทรก (Insertion Mutation)

เริ่มต้นโดยสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรทั้งหมดขึ้นมา 1 ตัว แล้วนำมาเป็นโครโมโซมรุ่นพ่อและแม่ ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.24

ตารางที่ 2.24 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบแทรก ขั้นตอนการเลือกโครโมโซม

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4 6 1 3 )
--------------------------------	-----------------

ทำการสุ่มตำแหน่งของยีนส์ที่จะทำการแทรกลงไป ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.25

ตารางที่ 2.25 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบแทรก ขั้นตอนการสุ่มตำแหน่งยีนส์ที่จะทำการแทรก



โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4 6 1 3 )
--------------------------------	-----------------



ทำการสุ่มเลือกชุดของยีนส์ที่จะนำเข้าแทรก ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.26

ตารางที่ 2.26 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบแทรก ขั้นตอนการสุ่มเลือกยีนส์ที่จะนำเข้ามาแทรก

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4 6   1   3 )
--------------------------------	---------------------

นำค่าของชุดยีนส์ที่ทำการเลือกไว้ไปแทรกแทนที่ตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มไว้ก่อนหน้านี้ นั่นคือ นำค่ายีนส์ 1 ไปแทรกลงในตำแหน่งที่ 2 ของโครโมโซม ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.27

ตารางที่ 2.27 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนภายในโครโมโซมแบบแทรก (Insertion Mutation)

↓

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4 6 1 3 )
โครโมโซมของลูก ( $O_1$ )	( 5 1 2 4 6 3 )

▪ การปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบเคลื่อนตำแหน่ง (Displacement Mutation)

เริ่มต้นโดยการสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรทั้งหมดขึ้นมา 1 ตัว แล้วนำมาเป็นโครโมโซมในรุ่นพ่อและแม่ ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.28

ตารางที่ 2.28 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกโครโมโซม

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4 6 1 3 )
--------------------------------	-----------------

ทำการสุ่มตำแหน่งของยีนส์ที่ต้องการจะทำการเคลื่อนตำแหน่งลงไป ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.29

ตารางที่ 2.29 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มตำแหน่งยีนส์ที่จะทำการเคลื่อนตำแหน่ง

↓

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4 6 1 3 )
--------------------------------	-----------------

ทำการสุ่มเลือกช่วงชุดของยีนส์ที่จะนำเข้ามาเคลื่อนตำแหน่ง ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.30

ตารางที่ 2.30 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบเคลื่อนตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกช่วงยีนส์ที่จะนำเข้ามาเคลื่อนตำแหน่ง

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4   6 1   3 )
--------------------------------	---------------------

นำค่าของช่วงชุดยีนส์ที่ทำการเลือกไว้ไปแทรกแทนที่ตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มไว้ก่อนหน้านี้ นั่นคือ นำค่ายีนส์ 6 และ 1 ไปแทรกลงในตำแหน่งที่ 2 ของโครโมโซม ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.31

ตารางที่ 2.31 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนภายในโครโมโซมแบบเคลื่อนตำแหน่ง (Displacement Mutation)

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 5 2 4 6 1 3 )
โครโมโซมของลูก ( $O_1$ )	( 5 6 1 2 4 3 )

■ การปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง (Reciprocal Exchange Mutation)

เริ่มต้นโดยการสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรทั้งหมดขึ้นมา 1 ตัว แล้วนำมาเป็นโครโมโซมรุ่นพ่อและแม่ ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.32

ตารางที่ 2.32 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่มเลือกโครโมโซม

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 1 4 6 3 5 2 )
--------------------------------	-----------------

ทำการสุ่มตำแหน่งของยีนส์ที่ต้องการจะทำการสลับตำแหน่งขึ้นมา 2 ตำแหน่ง ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.33

ตารางที่ 2.33 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสุ่ม

ตำแหน่งยีนส์	↓   ↓
โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 1   4   6   3   5   2 )

ทำการสลับตำแหน่งของยีนส์ทั้ง 2 ตำแหน่ง ที่ได้จากการสุ่มเลือกมาเพื่อสร้างโครโมโซมรุ่นลูก ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.34

ตารางที่ 2.34 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง ขั้นตอนการสลับ

ตำแหน่งยีนส์	
โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 1   4   5   3   6   2 )

ตารางที่ 2.35 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซมแบบสลับตำแหน่ง

โครโมโซมของพ่อและแม่ ( $P_1$ )	( 1   4 <u>6</u> 3 <u>5</u> 2 )
โครโมโซมของลูก ( $O_1$ )	( 1   4 <u>5</u> 3 <u>6</u> 2 )

### 2.3.4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

เป็นการพิจารณาความเหมาะสมของผลลัพธ์ในฟังก์ชันจากสมการแทนค่าคำตอบ (Fitness Function) ซึ่งผลการประเมินค่าความเหมาะสมมีที่มาจาก 2 ประเภท คือ มาจากคำตอบของฟังก์ชันที่ต้องการแก้ปัญหา หรือ มาจากฟังก์ชันอื่นๆ

### 2.3.5 การคัดเลือก (Selection)

เป็นการคัดเลือกโครโมโซมจากสมาชิกทั้งหมดที่มีความเหมาะสมของผลลัพธ์จาก Genetic Algorithm เพื่อเป็นโครโมโซมตั้งต้นที่ดีในรอบกระบวนการถัดไป โดยโครโมโซมที่มีความเหมาะสม (Fitness) ที่มากกว่าจะมีโอกาสถูกคัดเลือกไปในรอบถัดไปมากกว่า โดยวิธีการคัดเลือกมีหลากหลายวิธี ดังนี้

#### ■ การคัดเลือกแบบใช้วงล้อสัดส่วนค่าความเหมาะสม (Roulette Wheel Selection)

การคัดเลือกวิธีนี้ใช้สัดส่วนค่าความเหมาะสม (Fitness) ของแต่ละโครโมโซมในการคัดเลือก โดยใช้การแบ่งขนาดพื้นที่ของวงล้อความเหมาะสม โครโมโซมที่เหมาะสมจะมีค่า Fitness ที่มากทำให้มีพื้นที่ในวงล้อสัดส่วนที่มากกว่าโครโมโซมที่ด้อย เมื่อมีการหมุนวงล้อสัดส่วนโครโมโซมที่มีความเหมาะสมมากกว่าจะมีโอกาสถูกคัดเลือกมากกว่าด้วย ตามสมการ ดังนี้

$$P_i = \frac{F_i}{\sum_{n=1}^N F_i} \quad \text{เมื่อ } i = 1, 2, \dots, N$$

โดย  $P_i$  = โอกาสของโครโมโซม  $i$  ที่จะถูกคัดเลือก

$F_i$  = ค่าความเหมาะสมของโครโมโซม  $i$

$N$  = ประชากรทั้งหมด

#### ■ การคัดเลือกแบบใช้การแข่งขัน (Tournament Selection)

การคัดเลือกวิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสม (Fitness) ระหว่างหลายๆ โครโมโซม โดยการเลือกจะแบ่งการคัดเลือกออกเป็นเซตๆ และทำการสุ่มเลือกโครโมโซมมาทำการแข่งขัน เพื่อหาโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละเซตซึ่งจำนวนเซตหมายถึงจำนวนประชากรที่จะถูกคัดเลือก

#### ■ การคัดเลือกแบบใช้การจัดลำดับ (Ranking Selection)

การคัดเลือกวิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบค่าความเหมาะสม (Fitness) ของทุกๆ โครโมโซม โดยเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุดขึ้นก่อนและโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่น้อยกว่าตามลำดับ

#### 2.3.6 การหยุดกระบวนการ (Stop Criteria)

เป็นขั้นตอนการหยุดเพื่อจบกระบวนการ Genetic Algorithm โดยเงื่อนไขในการกำหนดการหยุดของกระบวนการสามารถกำหนดได้หลากหลาย เช่น การกำหนดจำนวนรอบกระบวนการ เวลาที่ใช้ดำเนินการ หรือการกำหนดจำนวนรอบของผลลัพธ์ที่ซ้ำในแต่ละรอบกระบวนการ เป็นต้น

### 2.4 โปรแกรม Visual Basic for Application (VBA)

Visual Basic for Application เป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows ที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ โดย Visual Basic for Application นั้นเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ที่มีรากฐานมาจากภาษา Basic ที่ย่อมาจาก Beginner's All Symbolic Instruction หมายถึง ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรม Visual Basic for Application นั้นมีจุดเด่น คือ ผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมสามารถเรียนรู้และนำไปใช้งานได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว ความสามารถของ Visual Basic for Application นั้นสามารถสร้าง

โปรแกรมทางด้านกราฟฟิก โปรแกรมจัดการไฟล์ โปรแกรมคำนวณและสร้างโปรแกรมฐานข้อมูล พื้นฐานทั่วไปที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows ได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีเครื่องมือเกี่ยวกับฐานข้อมูลอย่างครบถ้วนและสามารถเรียกใช้งานได้ทันที

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางที่ผ่านมานั้นมีนักวิจัยหลายท่าน ได้ทำการศึกษาและหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางฮิวริสติกมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเพื่อหาคำตอบซึ่งนักวิจัยแต่ละท่านเลือกที่จะใช้วิธีการในการหาคำตอบที่แตกต่างกันและนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

Laporte (1992) ได้การศึกษารวบรวมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง โดยอธิบายเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดทั้งปัญหาประเภทที่มีจุดกระจายสินค้าแบบจุดเดียวหรือหลายจุด และปัญหาดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่างๆที่มีอีกด้วย และมีการอธิบายและแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งแบบวิธีแม่นยำตรงว่าประกอบด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้ 1.Branch-and-Bound Algorithm 2.The k-deree center Algorithm 3.Dynamic Programming 4.Set partitioning and Column Generation 5.A three-index Vehicle Flow Formulation 6.A two-index Vehicle Flow Formulation และวิธีการแบบประมาณ (Approximate Algorithm) ประกอบด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้ 1.The Clarke and Wright Algorithm 2.The Sweep Algorithm 3.The Christofides-Mingozi-Toth two phase Algorithm 4.Tabu Search Algorithm โดยได้สรุปว่าวิธีแม่นยำตรงเป็นวิธีที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด แต่เหมาะในปัญหามาน้อย ส่วนวิธีแบบการประมาณจะเป็นการให้คำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด แม้จะไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดแต่วิธีนี้จะเหมาะสมกับปัญหามาน้อย

Golden, et, al. (1977) ได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าหลายจุดซึ่งมีปริมาณความต้องการแตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมลูกค้าทุกจุดโดยให้มีระยะทางต่ำที่สุด โดยมีข้อจำกัดในความจุของรถที่ใช้ในการขนส่งและระยะเวลาสูงสุดในการขนส่ง 1 รอบของเส้นทางจัดส่ง เมื่อรถทุกคันจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่จุดเดียวกัน คือ คลังสินค้ากลาง ถ้าไม่คำนึงถึงข้อจำกัดในระยะเวลาสูงสุดในการขนส่งจะเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางแบบมาตรฐาน (Standard Vehicle Routing Problem : VRP)

เศรษฐา เพชรอำไพ (2554) ทำการประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมมาช่วยในการตัดสินใจในการจัดตารางการทำงาน กรณีที่สถานงานเรียงต่อกันแบบอนุกรม เพื่อให้การจัดตารางการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการประยุกต์ใช้สามารถสรุปได้ว่าผู้วิจัยพัฒนาสามารถหาคำตอบที่

เหมาะสมได้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการตารางการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเมื่อทดสอบเปรียบเทียบกับโปรแกรม LEKIN Scheduler จะมีประสิทธิภาพมากกว่าในบางกรณี

ไพจิตร อุปลัมภ์ (2556) ได้ทำการศึกษาหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการจัดเก็บขยะในหมู่บ้าน โดยวิธีเชิงพันธุกรรม และเปรียบเทียบกับผลทดสอบกับการเดินรถจัดเก็บขยะแบบดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่า ผลรวมระยะทางโดยวิธีเชิงพันธุกรรมสั้นกว่าแบบดั้งเดิมเท่ากับ 9.252 กิโลเมตร (ร้อยละ 6.25) ผลรวมระยะเวลาลดลงน้อยกว่าแบบดั้งเดิมเท่ากับ 6 ชั่วโมง 20 นาที (ร้อยละ 6.55) และผลรวมน้ำมันใน 1 ปี มีค่าเท่ากับ 1,595.52 ลิตร สรุปได้ว่าการหาเส้นทางในการจัดเก็บขยะในหมู่บ้าน โดยวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถทำให้ลดระยะเวลาในการปฏิบัติงานและลดระยะทางลงได้

ชินภัทร อ่อนนิม (2555) ได้ทำการจัดการตารางการเดินรถ โดยนำวิธีการค้นหาคำตอบแบบวิธีประหยัดมาใช้ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการส่งสินค้าผ่านโปรแกรม VRP Solver ผลจากการวิจัยพบว่า วิธีการค้นหาคำตอบแบบวิธีประหยัด (Saving Algorithm) นั้นสามารถลดจำนวนเที่ยวรถขนส่งที่ใช้ ปริมาณจุดส่งและระยะทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งสามารถลดปัญหาได้ ร้อยละ 40 และใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่า 1 วินาที

รีณฤติ อัครมณี (2553) ทำการจัดเส้นทางเดินรถให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยนำวิธี Nearest Neighbor Heuristic (NNH) และวิธี Saving Algorithm (SA) มาใช้ในพัฒนาหาคำตอบ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ทำให้ต้นทุนในการขนส่งลดลงจากเดิม 7,465.48 บาท คิดเป็น 18.87%

กวี ศรีเมือง (2551) ได้ทำการศึกษาการหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก กรณีศึกษาที่อปัสซูปเปอร์มาเก็ต โดยใช้วิธี Branch-and-Bound และวิธี Saving Algorithm มาใช้ในการแก้ปัญหาและจัดทำโปรแกรมช่วยจัดรูปแบบการขนส่งสินค้าด้วย Visual Basic for Application (VBA) บนโปรแกรม Microsoft Excel ผลจากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า จำนวนรถขนส่งสินค้าที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งสินค้าเท่ากับ 59 คันและสามารถประหยัดค่าขนส่งสินค้าลงได้ 4.22% ต่อปี

วรวิมล (2553) ได้พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เส้นทางเดินรถขนส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาคำถามการจัดเส้นทางเดินรถ โดยอาศัยหลักการแก้ปัญหาคำถามการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งแบบมีข้อจำกัด (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) ด้วยวิธีการจัดเส้นทางก่อนแล้วจึงแบ่งส่วน (Route First – Cluster Second Methods) และปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) ด้วยวิธีการหาตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (Nearest – Neighbor Heuristic) ในการคำนวณ

จากการรวบรวมวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่าปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยมีวิธีการในการหาคำตอบต่างๆหลากหลายวิธี เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรมและวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดที่มี

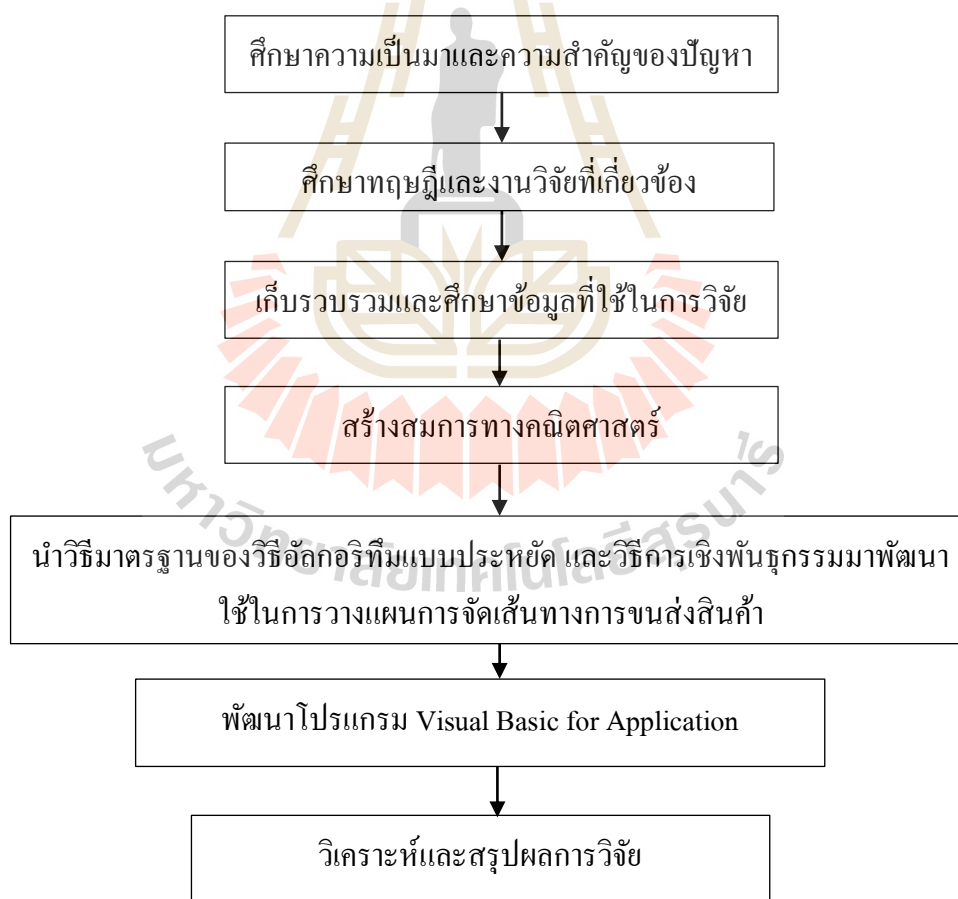
งานวิจัยนำไปประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบเป็นอย่างกว้างขวาง แต่มีงานวิจัยส่วนน้อยที่นำวิธีการหาคำตอบทั้งสองวิธีมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้นั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำวิธีการเชิงพันธุกรรมและวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบร่วมกันในการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทาง เพื่อศึกษาว่าทั้งสองวิธีนั้นสามารถให้คำตอบที่เหมาะสมและลดระยะทางในการขนส่งได้



### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหาร  
แช่แข็ง มีระเบียบวิธีการดำเนินงานวิจัย ประกอบไปด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างสมการ  
ทางคณิตศาสตร์ของการขนส่งแบบขนส่งจากจุดส่งเดียว การสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึม  
แบบประหยัด (Saving Algorithm) การพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม  
(Genetic Algorithm) และการออกแบบพัฒนาโปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) ใน  
การหาคำตอบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย



### 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้ เป็นการรวบรวมข้อมูลต่างๆที่มีผลต่อการวางแผนเส้นทางการเดินทางขนส่งสินค้า เพื่อนำไปพิจารณาในการวางแผนการจัดเส้นทาง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ดังนี้

#### 3.1.1 ด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ เพื่อนำไปพิจารณาการวางแผนการจัดเส้นทางของการเดินทางขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษา ประกอบไปด้วย

- โรงงานกรณีศึกษา มีศูนย์กระจายสินค้าเพียง 1 แห่ง
- บริษัทตัวแทนจำหน่ายในเขตกรุงเทพและปริมณฑลทั้งหมด 54 แห่ง
- ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง จำนวน 25 รายการ
- รถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งสินค้า จำนวน 4 คัน โดยมีอัตราการใช้รถบรรทุกจำกัดอยู่ที่ 4.5 ลูกบาศก์เมตรหรือ จำกัดที่ 60 กล่องต่อหนึ่งคัน



รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งสินค้า

#### 3.1.2 ด้านพื้นที่

การวางแผนการจัดเส้นทางของการขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย 54 แห่ง มีพื้นที่ครอบคลุมเฉพาะเขตกรุงเทพและปริมณฑล โดยแผนที่ระยะทางที่นำมาใช้อ้างอิงจาก Google Maps ซึ่งโรงงานกรณีศึกษาจะใช้เส้นทางในการขนส่งสินค้าเฉพาะเส้นทางหลักเท่านั้น

### 3.1.3 ด้านข้อมูล

การวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานการศึกษา จำเป็นจะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องที่จะส่งผลต่อการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยข้อมูลที่ทำการศึกษาและรวบรวมจากโรงงานการศึกษา ประกอบไปด้วย

- รายการสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง

ในขั้นตอนการขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งของโรงงานการศึกษา สามารถแบ่งรายการสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งทั้งหมดออกเป็น 25 รายการ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

โดยในกระบวนการบรรจุสินค้าแต่ละรายการจะมีลักษณะที่เหมือนกันคือทำการบรรจุลงในกล่องรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 0.06 ลูกบาศก์เมตร โดยรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่ง 1 คัน สามารถบรรจุได้สูงสุด 60 กล่อง

ตารางที่ 3.1 แสดงรายการสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งทั้งหมด 25 รายการ

ลำดับสินค้า	รายการสินค้า	ขนาดบรรจุ(กล่อง)
1	กุ้งพันธุ์อ้อย	1x24
2	กุ้งแช่หมู	1x24
3	ซาโมซ่าผัก	1x12
4	ขนมจีบกุ้ง	1x24
5	ขนมจีบหมู	1x24
6	บัวลอยงาคำ(น้ำจืด)	1x24
7	ปอเปี๊ยะกุ้ง	1x24
8	ปอเปี๊ยะผัก	1x24
9	สะเก๋กุ้ง	1x24
10	ซาโมซ่ากล้วย	1x12
11	เกี๊ยวกุ้งหอยกุ้ง	1x24
12	ลูกชิ้นหมูเกล็ดขนมปัง	1x24
13	ปอเปี๊ยะชีฟู้ดพันธุ์สาหร่าย	1x24
14	ปอเปี๊ยะญวนกุ้ง	1x24
15	ซาลาเปาไส้หวาน	1x12
16	ซาลาเปารวมหมูสับไก่	1x12

ตารางที่ 3.1 แสดงรายการสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งทั้งหมด 25 รายการ (ต่อ)

ลำดับสินค้า	รายการสินค้า	ขนาดบรรจุ(กล่อง)
17	แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 5.5 (280g.)	1x20
18	แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Modern Trade)	1x40
19	แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 330g. (อุตสาหกรรม)	1x40
20	แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	1x20
21	แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660g. (อุตสาหกรรม)	1x20
22	ปอเปี๊ยะกึ่ง (Makro)	1x8
23	ปอเปี๊ยะฝัก (Makro)	1x8
24	บัวลอยงาดำ (Makro)	1x12
25	ชาโมชากลิ้ว (Makro)	1x15

■ ปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย

ในการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจะต้องมีการพิจารณาถึงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายด้วย เนื่องจากรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งสินค้ามีความสามารถในการบรรทุกที่จำกัดอยู่ที่ 60 กล่อง ดังนั้น ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจึงต้องพิจารณาถึงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายที่ส่งผลถึงปริมาณการบรรทุกของรถยนต์ในการขนส่ง โดยปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายมีทั้งหมด 8 กรณีศึกษา แสดงรายละเอียดดังตารางใน ภาคผนวก ก

■ ระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย

ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจำเป็นจะต้องทราบข้อมูลระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย เพื่อใช้ในการพิจารณาจัดลำดับเส้นทางในการขนส่งและลำดับในการขนส่งสินค้าให้แก่บริษัทตัวแทนจำหน่าย เพื่อให้ได้ระยะทางรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด เนื่องจากระยะทางในการขนส่งนั้นส่งผลต่อต้นทุนในการขนส่ง โดยระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่ายมีทั้งหมด 8 กรณีศึกษา แสดงรายละเอียดดังตารางใน ภาคผนวก ข

### 3.2 การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ของการขนส่งจากจุดส่งเดียว

การวางแผนเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้า มีความจำเป็นอย่างมากต่อการจัดเส้นทางการขนส่ง เพื่อลดระยะทางในการขนส่งสินค้าซึ่งระยะทางในการขนส่งนี้เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ส่งผลต่อต้นทุนการขนส่ง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ขั้นตอนวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด และวิธีการเชิงพันธุกรรม ให้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่างๆของโรงงานกรณีศึกษา สำหรับการวางแผนเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยออกแบบมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระยะทางรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุดซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 3.1

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i,j=1}^{I,J} x_{i,j} d_{i,j} \quad (3.1)$$

เมื่อ  $Z$  คือ ในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นระยะทางรวมในการขนส่ง

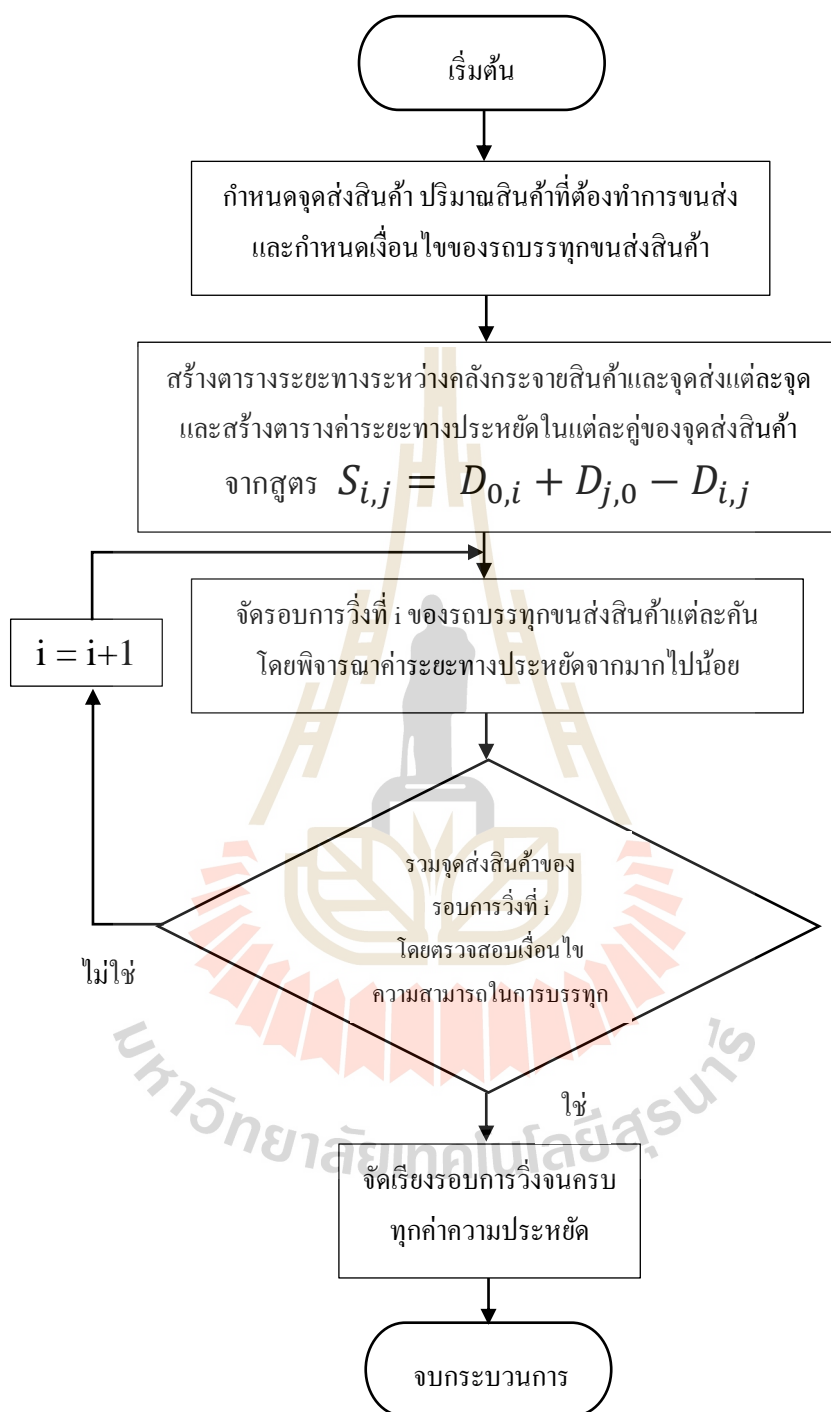
$$\text{ถ้า } x = \begin{cases} 1 & \text{ถ้ามีการเดินทางจากเมือง } i \text{ ไปเมือง } j \\ 0 & \text{ถ้าไม่มีการเดินทางจากเมือง } i \text{ ไปเมือง } j \end{cases}$$

$d_{i,j}$  คือ ระยะทางระหว่างเมือง  $i$  และเมือง  $j$

$I, J$  คือ เมืองทั้งหมดที่ต้องเดินทางผ่าน

### 3.3 การสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm)

การสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดเป็นขั้นตอนในการสร้างคำตอบตั้งต้นของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าถึงขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากคำตอบที่ได้จากขั้นตอนนี้จะถูกนำไปพัฒนาหาคำตอบที่ใกล้เคียงค่าคำตอบที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการวางแผนจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีขั้นตอนการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าสามารถแสดงเป็นแผนภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงแผนภาพขั้นตอนการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด

ขั้นตอนของวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสร้างตารางแสดงระยะทางระหว่างแต่ละจุดการขนส่งสินค้า

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการสร้างตารางแสดงระยะทางระหว่างแต่ละจุดการขนส่ง

จำนวนลูกค้า ในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	1. บิ๊กซี บางพลี	2. คาร์ฟู งามอินทรา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	4. คาร์ฟู ลาดพร้าว	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	6. บิ๊กซี สมุทรปราการ	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	8. คาร์ฟู บางบอน	9. ฟู้ดแลนด์ จรัญสนิทวงศ์	10. สยามชัย สาทร	11. กรุงเทพมหานคร เจริญนคร	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	13. สยามเจ้าพระยา เจริญนคร
0. โรงงานบางพลี	0	6	35	28	26	27	13	39	39	40	27	29	16	30
1. บิ๊กซี บางพลี	6	0	35	27	25	26	13	39	39	39	26	29	16	29
2. คาร์ฟู งามอินทรา	35	35	0	18	11	12	34	34	34	30	25	28	23	28
3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	28	27	18	0	15	21	23	17	17	15	12	15	11	15
4. คาร์ฟู ลาดพร้าว	26	25	11	15	0	11	23	27	27	24	16	20	12	19
5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	27	26	12	21	11	0	28	38	39	36	27	31	20	30
6. บิ๊กซี สมุทรปราการ	13	13	34	23	23	28	0	32	32	33	20	22	11	22
7. คาร์ฟู เพชรเกษม	39	39	34	17	27	38	32	0	5	9	13	15	24	15
8. คาร์ฟู บางบอน	39	39	34	17	27	39	32	5	0	10	13	15	24	15
9. ฟู้ดแลนด์ จรัญสนิทวงศ์	40	39	30	15	24	36	33	9	10	0	13	11	24	15
10. สยามชัย สาทร	27	26	25	12	16	27	20	13	13	13	0	9	11	8
11. กรุงเทพมหานคร เจริญนคร	29	29	28	15	20	31	22	15	15	11	9	0	14	6
12. คาร์ฟู อ่อนนุช	16	16	23	11	12	20	11	24	24	24	11	14	0	14
13. สยามเจ้าพระยา เจริญนคร	30	29	28	15	19	30	22	15	15	15	8	6	14	0

2. นำระยะทางระหว่างแต่ละจุดการขนส่งมาคำนวณค่าระยะทางประหยัดและสร้างเมตริกค่าระยะทางประหยัดของแต่ละจุดการขนส่ง โดยคำนวณค่าระยะทางประหยัดจากสูตร ดังนี้

$$S_{i,j} = D_{0,i} + D_{j,0} - D_{i,j}$$

โดยที่  $S_{ij}$  คือ ระยะการเดินทางที่ประหยัดได้ เมื่อวิ่งรถรอบเดียว

$D_{ij}$  คือ ระยะทาง ระหว่างลูกค้า  $i$  และลูกค้า  $j$

0 คือ แทนสัญลักษณ์ของ Depot

ตัวอย่างการคำนวณหาระยะทางประหยัดจากจุดลูกค้าที่ 7 ไปจุดลูกค้าที่ 8 สามารถหา  
ค่าระยะทางประหยัดได้ดังนี้

$$\begin{aligned} S_{ij} &= 39 \text{ (ระยะทางจากโรงงานการศึกษา ไปจุดลูกค้าที่ 7)} + 39 \\ &\quad \text{(ระยะทางจากโรงงานการศึกษา ไปจุดลูกค้าที่ 8)} - 5 \text{ (ระยะทาง} \\ &\quad \text{จากจุดลูกค้าที่ 7 ไปจุดลูกค้าที่ 8)} \\ &= 73 \text{ กิโลเมตร} \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการสร้างตารางแสดงค่าระยะทางประหยัดของแต่ละจุดการขนส่ง

จำนวนลูกค้า ในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	1. บิ๊กซี บางพลี	2. คาร์ฟู รามอินทรา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	4. คาร์ฟู ตลาดพร้าว	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	6. บิ๊กซี สมุทรปราการ	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	8. คาร์ฟู บางบอน	9. ฟู้ดแลนด์ จรัญสนิทวงศ์	10. สยามชัย สาทร	11. กรุงเทพริมน้ำ เจริญนคร	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	13. สยามเจ้าพระยา เจริญนคร
0. โรงงานบางพลี	0	6	35	28	26	27	13	39	39	40	27	29	16	30
1. บิ๊กซี บางพลี		0	6	7	7	7	6	6	6	7	7	6	6	7
2. คาร์ฟู รามอินทรา			0	45	50	50	14	40	40	45	37	36	28	37
3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก				0	39	34	18	50	50	53	43	42	33	43
4. คาร์ฟู ตลาดพร้าว					0	42	16	38	38	42	37	35	30	37
5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์						0	12	28	27	31	27	25	23	27
6. บิ๊กซี สมุทรปราการ							0	20	20	20	20	20	18	21
7. คาร์ฟู เพชรเกษม								0	73	70	53	53	31	54
8. คาร์ฟู บางบอน									0	69	53	53	31	54
9. ฟู้ดแลนด์ จรัญสนิท										0	54	58	32	55
10. สยามชัย สาทร											0	47	32	49
11. กรุงเทพริมน้ำ												0	31	53
12. คาร์ฟู อ่อนนุช													0	32
13. สยามเจ้าพระยา														0

3. จัดเรียงลำดับค่าความประหยัด (Saving) จากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุด

4. เริ่มจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยเรียงจากค่าความประหยัมากที่สุดเป็นจุดแรก และพิจารณาจุดลูกค้าที่มีค่าความประหยัมากที่สุดเพื่อพิจารณาเป็นลำดับถัดไป
5. พิจารณาเงื่อนไขความสามารถในการบรรทุกของรถยนต์ที่ใช้ในการขนส่งสินค้า หากไม่สามารถเพิ่มจำนวนจุดส่งสินค้าเข้ามาในเส้นทางได้ ให้ทำการจัดเส้นทางใหม่  
เงื่อนไข คือ รถบรรทุก 1 คันสามารถบรรทุกสินค้าได้ไม่เกิน 60 กล่อง
6. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 4-5 จนจัดเรียงเส้นทางได้ทุกค่าความประหยั จึงหยุดกระบวนการ

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างผลการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 7 – 8 – 9 – 11 – 0	94	60
2	0 – 2 – 4 – 5 – 3 – 0	106	55
3	0 – 10 – 13 – 12 – 0	65	48
4	0 – 1 – 6 – 0	32	28
รวม		297	191

### 3.4 การพัฒนาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

การพัฒนาปรับปรุงคำตอบจากคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการพัฒนาปรับปรุงคำตอบ โดยเลียนแบบกระบวนการถ่ายทอดพันธุกรรมของยีนโดยการคัดเลือกด้วยวิธีธรรมชาติ สิ่งใดที่ปรับตัวได้ดีหรือมีลักษณะพันธุกรรมที่เหมาะสมจะดำรงอยู่ได้ดีกว่าสิ่งที่ไม่เหมาะสมหรือด้อยกว่า ดังนั้นจึงทำการประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อพัฒนาปรับปรุงคำตอบจากคำตอบตั้งต้นให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด

โดยการพัฒนาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมของการวิจัยนี้มีขั้นตอนทั้งหมด 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบจากคำตอบตั้งต้น (Chromosome Encoding)
2. การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบเพิ่ม (Create Chromosome) เพื่อเป็นประชากรตั้งต้น
3. การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ของประชากรตั้งต้น
4. การคัดเลือกโครโมโซม โดยการใช้วงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection)
5. กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Operation)



6. การแทนที่ (Replacement)
7. การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ของโครโมโซมรุ่นลูกใหม่
8. การบันทึกค่าโครโมโซมที่ดีที่สุด
9. ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดกระบวนการ (Stop Criteria)
10. การคัดเลือกคำตอบที่ดีที่สุด (Selection)

### 3.4.1 การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบจากคำตอบตั้งต้น (Chromosome Encoding)

การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบตั้งต้น เพื่อใช้เป็นโครโมโซมตั้งต้นในการเข้าสู่กระบวนการเชิงพันธุกรรม โดยการออกแบบสร้างโครโมโซมมาใช้แทนคำตอบตั้งต้นที่ได้จากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาจริงที่ต้องการพัฒนา งานวิจัยนี้จะทำการออกแบบโครโมโซม โดยทำการกำหนดเซตของแต่ละยีนส์เป็นตัวเลข 2 ตำแหน่ง คือ ตัวเลขตำแหน่งที่ 1 ใช้แทน ลำดับรอบการวิ่ง และตัวเลขตำแหน่งที่ 2 ใช้แทน ลำดับของลูกค้าภายในรอบการวิ่ง

ตัวอย่างจากปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 1 มีคำตอบตั้งต้นจากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างคำตอบตั้งต้นจากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0-7-8-9-11-0	94	60
2	0-2-4-5-3-0	106	55
3	0-10-13-12-0	65	48
4	0-1-6-0	32	28
รวม		297	191

ทำการกำหนดเซตค่ายีนส์แต่ละตัว โดยยีนส์แต่ละตัวจะบอกถึงลักษณะดังนี้ คือ มาจากลำดับรอบการวิ่งที่เท่าไร (iRoute) และเป็นลูกค้าคนที่เท่าไรของลำดับรอบการวิ่งนั้น (iPos) ยกตัวอย่างเช่น ในตารางลูกค้าหมายเลข 11 มียีนส์ คือ 14 หมายความว่า ลูกค้าหมายเลข 11 อยู่ในลำดับรอบการวิ่งที่ 1 และเป็นลูกค้าคนที่ 4 ในลำดับรอบการวิ่งนั้น

ตารางที่ 3.6 แสดงตัวอย่างโครโมโซมตั้งต้น

จุดของลูกค้า	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ยีนส์	41	21	24	22	23	42	11	12	13	31	14	33	32

### 3.4.2 การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบเพิ่ม (Create Chromosome) เพื่อเป็นประชากรตั้งต้น

การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบเพิ่มในงานวิจัยนี้จะทำโดยการสลับยีนส์ภายในแต่ละลำดับรอบการวิ่งทั้งหมด โดยมีเงื่อนไขในการสลับยีนส์ภายในแต่ละรอบการวิ่ง คือ นำแต่ละจุดของลูกค้าในลำดับรอบการวิ่ง ทำการสลับยีนส์ภายในรอบการวิ่งเดียวกัน ทำการสลับตามเงื่อนไขจนครบทุกกรณี เพื่อนำมาเป็นประชากรตั้งต้น แสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการสลับยีนส์สร้างโครโมโซมแทนคำตอบเพิ่ม

โครโมโซม	เส้นทาง												
1	41	21	24	22	23	42	11	12	13	31	14	33	32
2	41	21	24	22	23	42	12	11	13	31	14	33	32
3	41	21	24	22	23	42	13	12	11	31	14	33	32
4	41	21	24	22	23	42	14	12	13	31	11	33	32
5	41	21	24	22	23	42	11	13	12	31	14	33	32
6	41	21	24	22	23	42	11	14	13	31	12	33	32
7	41	21	24	22	23	42	11	12	14	31	13	33	32
8	41	22	24	21	23	42	11	12	13	31	14	33	32
9	41	23	24	22	21	42	11	12	13	31	14	33	32
10	41	24	21	22	23	42	11	12	13	31	14	33	32
11	41	21	24	23	22	42	11	12	13	31	14	33	32
12	41	21	22	24	23	42	11	12	13	31	14	33	32
13	41	21	23	22	24	42	11	12	13	31	14	33	32
14	41	21	24	22	23	42	11	12	13	32	14	33	31
15	41	21	24	22	23	42	11	12	13	33	14	31	32
16	41	21	24	22	23	42	11	12	13	31	14	32	33
17	42	21	24	22	23	41	11	12	13	31	14	33	32

### 3.4.3 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ของประชากรตั้งต้น

การประเมินค่าความเหมาะสมของประชากรตั้งต้นจะทำการพิจารณาจากสมการวัตถุประสงค์ โดยระยะทางรวมทั้งหมดของทุกรอบการวิ่งและทำการกำหนดค่าความเหมาะสมของโครโมโซม โดยให้โครโมโซมที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุดมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดตามลำดับ

ตารางที่ 3.8 แสดงตัวอย่างการประเมินค่าความเหมาะสมของประชากรตั้งต้น

โครโมโซม	ระยะทางรวม	ค่าความเหมาะสม
1	286	7
2	285	8
3	291	6
4	294	5
5	294	5
6	306	1
7	302	3
8	297	4
9	285	8
10	284	9
11	284	9
12	297	4
13	286	7
14	286	7
15	286	7
16	303	2
17	286	7

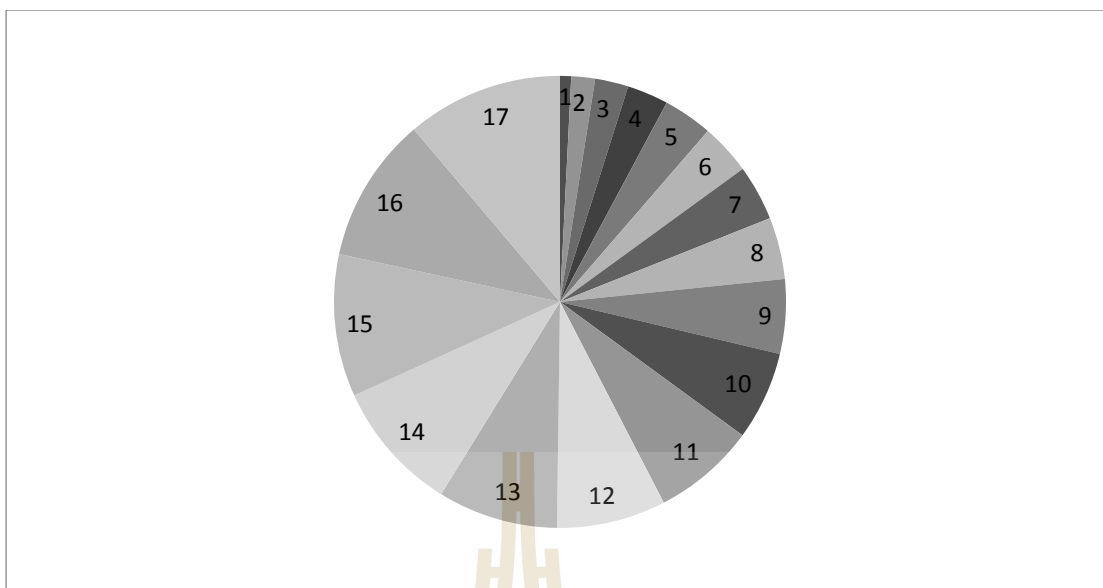
### 3.4.4 การคัดเลือกโครโมโซม โดยใช้วงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection)

การคัดเลือกโครโมโซม โดยใช้วงล้อรูเล็ต ให้ทำการหาผลรวมของ ค่าความเหมาะสมทั้งหมดแล้วทำการหาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก (Probability of Selection :  $p_i$ ) และทำการคำนวณความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection :

$q_i$ ) ของโครโมโซมตั้งต้นทั้งหมด เพื่อทำการคัดเลือกโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ โดยตัวอย่างการสร้างวงล้อรูเล็ต ดังแสดงในตารางที่ 3.9 และรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.9 แสดงผลการหาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกและความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมของโครโมโซมตั้งต้น

โครโมโซม	ระยะทางรวม	ค่าความเหมาะสม	$p_i$	$q_i$
1	286	7	0.071	0.071
2	285	8	0.081	0.152
3	291	6	0.061	0.213
4	294	5	0.051	0.264
5	294	5	0.051	0.315
6	306	1	0.010	0.325
7	302	3	0.030	0.355
8	297	4	0.040	0.395
9	285	8	0.081	0.476
10	284	9	0.091	0.567
11	284	9	0.091	0.658
12	297	4	0.040	0.698
13	286	7	0.071	0.769
14	286	7	0.071	0.840
15	286	7	0.071	0.911
16	303	2	0.020	0.931
17	286	7	0.071	1
		99		



รูปที่ 3.4 แสดงการสร้างวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection)

จากนั้นนำค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม (Cumulative Probability of Selection :  $q_i$ ) มาใช้ในการสร้างวงล้อรูเล็ต และทำการคัดเลือกโครโมโซมโดยการสุ่ม ( $r$ ) ตัวเลขที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 เพื่อเลือกโครโมโซมพ่อแม่ สมมติสุ่มตัวเลขได้  $r_1 = 0.150$  ดังนั้น เลือกโครโมโซมที่ 2 เป็นโครโมโซมพ่อแม่ เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมอยู่ระหว่าง 0.072 – 0.152

ตารางที่ 3.10 แสดงโครโมโซมพ่อแม่ที่ได้จากการคัดเลือกโดยวงล้อรูเล็ต

โครโมโซม		เส้นทาง												
2	พ่อ ( $P_1$ )	12	11	13	14	21	22	23	24	31	32	33	41	42

จากนั้นจากนั้นทำการสุ่มตัวเลข ( $r$ ) ที่มีค่าระหว่าง 0 – 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่าเพื่อเป็นโครโมโซมแม่ สมมติ สุ่มได้  $r_2 = 0.850$  โดยโครโมโซมที่เหลือเท่านั้นจะถูกหาความน่าจะเป็นขณะนี้โครโมโซมที่ 2 ถูกเลือกไปแล้ว ดังนั้นจะนำโครโมโซมที่เหลือเพียง 16 โครโมโซมเท่านั้นมาคำนวณหาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกและความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมใหม่เพื่อทำการคัดเลือกโครโมโซมแม่

ตารางที่ 3.11 แสดงผลการหาความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกและความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมใหม่เพื่อคัดเลือกโครโมโซมแม่

โครโมโซม	ระยะทางรวม	ค่าความเหมาะสม	$p_i$	$q_i$
1	286	7	0.077	0.077
3	291	6	0.066	0.143
4	294	5	0.055	0.198
5	294	5	0.055	0.253
6	306	1	0.011	0.264
7	302	3	0.033	0.297
8	297	4	0.044	0.341
9	285	8	0.088	0.429
10	284	9	0.099	0.528
11	284	9	0.099	0.627
12	297	4	0.044	0.671
13	286	7	0.077	0.748
14	286	7	0.077	0.825
15	286	7	0.077	0.902
16	303	2	0.022	0.924
17	286	7	0.077	1
		91		

ดังนั้น เลือกโครโมโซมที่ 15 เป็นโครโมโซมแม่ เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสมอยู่ระหว่าง 0.826 – 0.902

ตารางที่ 3.12 แสดงโครโมโซมแม่ที่ได้จากการคัดเลือกโดยวงล้อสุ่ม

โครโมโซม		เส้นทาง												
15	แม่ (P <sub>2</sub> )	11	12	13	14	21	22	24	23	33	32	31	41	42

### 3.4.5 กระบวนการเชิงพันธุกรรม (Genetic Operation)

กระบวนการเชิงพันธุกรรมเป็นขั้นตอนในการถ่ายทอดให้เกิดพันธุกรรม โดยมีขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ การแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซม (Crossover) และการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม (Mutation) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 1. การแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซม (Crossover)

การแลกเปลี่ยนยีนส์ข้ามโครโมโซมในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีการแลกเปลี่ยนยีนส์แบบ 1 จุด โดยทำการแลกเปลี่ยนยีนส์ที่ ตำแหน่งที่ = จำนวนยีนส์/2

$$= 13/2$$

$$= 6.5 \text{ นั่นคือตำแหน่งที่ 7}$$

ตารางที่ 3.13 แสดงตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนข้ามโครโมโซม

โครโมโซม		เส้นทาง												
2	พ่อ (P <sub>1</sub> )	12	11	13	14	21	22	23	24	31	32	33	41	42
15	แม่ (P <sub>2</sub> )	11	12	13	14	21	22	24	23	33	32	31	41	42
ตำแหน่งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

จะได้โครโมโซมรุ่นลูก ดังตารางที่ X โดยโครโมโซมลูกคนที่ 1 มียีนส์ตำแหน่งที่ 1-7 มาจากโครโมโซมพ่อ และยีนส์ที่ 8-13 เป็นยีนส์ที่มาจากโครโมโซมแม่ และโครโมโซมลูกคนที่ 2 มียีนส์ตำแหน่งที่ 1-7 มาจากโครโมโซมแม่ และยีนส์ที่ 8-13 เป็นยีนส์ที่มาจากโครโมโซมพ่อ

ตารางที่ 3.14 แสดงผลของการแลกเปลี่ยนโครโมโซม

โครโมโซม		เส้นทาง												
2	ลูก 1 (O <sub>1</sub> )	12	11	13	14	21	22	23	23	33	32	31	41	42
15	ลูก 2 (O <sub>2</sub> )	11	12	13	14	21	22	24	23	33	32	31	41	42
ตำแหน่งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

#### 2. การปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม (Mutation)

การปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้มีการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม 2 ตำแหน่ง ทำโดยการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการปรับเปลี่ยนยีนส์

ขึ้นมา 2 ตำแหน่ง สมมุติสุ่มได้ตำแหน่งที่ 3 กับ 7 ดังนั้น เราจะทำการสลับยีนส์ระหว่างยีนส์ตำแหน่งที่ 3 และ 7 ของโครโมโซมลูกทั้ง 2 โครโมโซม แสดงดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 แสดงตัวอย่างการปรับเปลี่ยนยีนส์ภายในโครโมโซม

โครโมโซม		เส้นทาง												
2	ลูก 1 ( $O_1$ )	12	11	23	14	21	22	13	23	33	32	31	41	42
15	ลูก 2 ( $O_2$ )	11	12	24	14	21	22	13	23	33	32	31	41	42
ตำแหน่งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

จากนั้นทำการซ่อมแซมโครโมโซม คือ โครโมโซมลูกคนที่ 1 มียีนส์ค่า 23 ซ้ำกัน อยู่ 2 ตำแหน่งและมียีนส์ค่า 24 หายไป ดังนั้น ทำการซ่อมแซมโดยการแทนที่ยีนส์ค่า 23 ด้วยยีนส์ค่า 24 ในตำแหน่งสุดท้ายที่ซ้ำ จะได้โครโมโซมใหม่ ดังตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 แสดงผลของการซ่อมแซมโครโมโซม

โครโมโซม		เส้นทาง												
2	ลูก 1 ( $O_1$ )	12	11	23	14	21	22	13	24	33	32	31	41	42
15	ลูก 2 ( $O_2$ )	11	12	24	14	21	22	13	23	33	32	31	41	42
ตำแหน่งที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

#### 3.4.6 การแทนที่ (Replacement)

การแทนที่ทำได้โดยการแทนที่โครโมโซมรุ่นพ่อ-แม่ด้วยโครโมโซมรุ่นลูกที่ได้จากกระบวนการเชิงพันธุกรรมจะได้ประชากรรุ่นลูก รุ่นที่ 1 ดังตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 แสดงการแทนที่โครโมโซมรุ่นพ่อ-แม่ด้วยโครโมโซมรุ่นลูก

โครโมโซม	เส้นทาง												
1	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	41	42
2 new	12	11	23	14	21	22	13	24	33	32	31	41	42
3	13	12	11	14	21	22	23	24	31	32	33	41	42
4	14	12	13	11	21	22	23	24	31	32	33	41	42
5	11	13	12	14	21	22	23	24	31	32	33	41	42



ตารางที่ 3.17 แสดงการแทนที่โครโมโซมรุ่นพ่อ-แม่ด้วยโครโมโซมรุ่นลูก (ต่อ)

โครโมโซม	เส้นทาง												
6	11	14	13	12	21	22	23	24	31	32	33	41	42
7	11	12	14	13	21	22	23	24	31	32	33	41	42
8	11	12	13	14	22	21	23	24	31	32	33	41	42
9	11	12	13	14	23	22	21	24	31	32	33	41	42
10	11	12	13	14	24	22	23	21	31	32	33	41	42
11	11	12	13	14	21	23	22	24	31	32	33	41	42
12	11	12	13	14	21	24	23	22	31	32	33	41	42
13	11	12	13	14	21	22	24	23	31	32	33	41	42
14	11	12	13	14	21	22	24	23	32	31	33	41	42
15 new	11	12	24	14	21	22	13	23	33	32	31	41	42
16	11	12	13	14	21	22	24	23	31	33	32	41	42
17	11	12	13	14	21	22	24	23	31	33	32	42	41
ลูกค้า	7	8	9	11	3	2	4	5	10	13	12	1	6

### 3.4.7 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation) ของโครโมโซมรุ่นลูกใหม่

การประเมินค่าความเหมาะสมของประชากรโครโมโซมรุ่นลูกใหม่โดยจะทำการพิจารณาจากสมการวัตถุประสงค์ โดยระยะทางรวมทั้งหมดของทุกรอบการวิ่งและทำการกำหนดค่าความเหมาะสมของโครโมโซม โดยให้โครโมโซมที่มีระยะทางรวมน้อยที่สุดมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดตามลำดับแสดงดังตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3.18 แสดงตัวอย่างการประเมินค่าความเหมาะสมประชากรโครโมโซมรุ่นลูก รุ่นที่ 1

โครโมโซม	ระยะทางรวม	ค่าความเหมาะสม
1	286	8
2	314	2
3	291	7
4	294	6
5	294	6

ตารางที่ 3.18 แสดงตัวอย่างการประเมินค่าความเหมาะสมประชากรโครโมโซมรุ่นลูก รุ่นที่ 1 (ต่อ)

โครโมโซม	ระยะทางรวม	ค่าความเหมาะสม
6	306	2
7	302	4
8	297	5
9	285	9
10	284	10
11	284	10
12	297	5
13	286	8
14	286	8
15	330	1
16	303	3
17	286	8

#### 3.4.8 ทำการบันทึกค่าโครโมโซมที่ดีที่สุด

ทำการบันทึกค่าโครโมโซมที่ดีที่สุดของประชากรโครโมโซมรุ่นลูก รุ่นที่ 1 เพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบกับค่าโครโมโซมที่ดีที่สุดของโครโมโซมรุ่นลูกรุ่นต่อไป เพื่อเป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุด จะได้ว่าโครโมโซมที่ดีที่สุดของประชากรรุ่นลูก รุ่นที่ 1 คือ โครโมโซมที่ 10 และ 11 กรณีที่มีโครโมโซมที่ดีที่สุดมากกว่า 1 โครโมโซมให้ทำการสุ่มเก็บโครโมโซมที่ดีที่สุดไว้เพียง 1 โครโมโซม สมมุติสุ่มได้โครโมโซมที่ 10 ดังนั้น โครโมโซมที่ดีที่สุดของประชากรรุ่นลูก รุ่นที่ 1 คือ โครโมโซมที่ 10

#### 3.4.9 การหยุดกระบวนการ (Stop Criteria)

การตรวจสอบเงื่อนไขของการหยุดกระบวนการมีเงื่อนไข คือ ถ้าคำตอบมีแนวโน้มที่จะซ้ำกันหรือมีค่าคำตอบซ้ำกันมากกว่า 20 รอบ หากเป็นไปตามเงื่อนไขให้ทำการหยุดกระบวนการ แต่ถ้ายังไม่เป็นไปตามเงื่อนไขการหยุด ให้ดำเนินการขั้นตอนที่ 3-9 ซ้ำ โดยใช้ประชากรรุ่นลูกใหม่เป็นประชากรตั้งต้นในแต่ละรอบ

### 3.4.10 การคัดเลือกคำตอบที่ดีที่สุด (Selection)

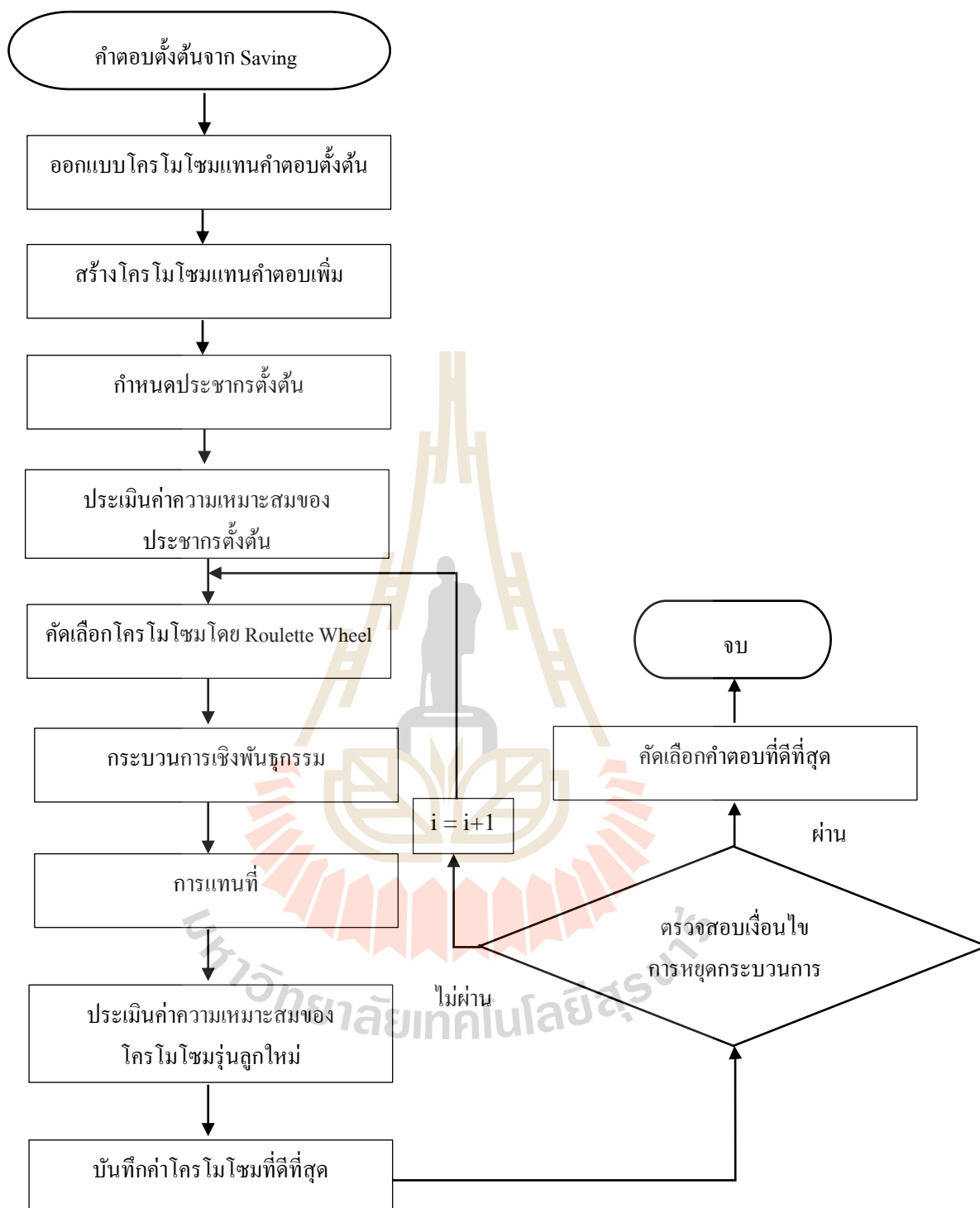
การคัดเลือกคำตอบที่ดีที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้เป็นขั้นตอนในการคัดเลือกคำตอบจากโครโมโซมใหม่รุ่นลูกที่มีระยะทางรวมต่ำที่สุดหรือมีค่าความเหมาะสมมากที่สุดมาทำการตรวจสอบเงื่อนไขในการจัดเส้นทางการเดินทาง นั่นคือ ในแต่ละรอบการวิ่งนั้น รถยนต์ที่ใช้บรรทุกขนส่งสินค้ามีความสามารถในการบรรทุกจำกัดอยู่ที่ 60 กล่อง ต่อคัน

โดยทำการคัดเลือกคำตอบจากโครโมโซมที่ดีที่สุดที่ได้ทำการบันทึกค่าโครโมโซมที่ดีที่สุดไว้ในแต่ละรุ่นของประชากรรุ่นลูก ที่มีระยะทางรวมต่ำที่สุดมาทำการตรวจสอบเงื่อนไข คือ ในแต่ละรอบการวิ่งนั้นมีความสามารถในการบรรทุกจำกัดอยู่ที่ 60 กล่องต่อคัน หากโครโมโซมที่ดีที่สุดของประชากรโครโมโซมรุ่นลูก รุ่นใดที่มีค่าคำตอบระยะทางรวมต่ำที่สุดและผ่านเงื่อนไขการบรรทุกจำกัดอยู่ที่ 60 กล่องต่อคัน คำตอบนั้นจะถูกเลือกเป็นคำตอบของกระบวนการ

ตารางที่ 3.19 แสดงผลคำตอบของกระบวนการเชิงพันธุกรรม

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 7 – 8 – 9 – 11 – 0	94	60
2	0 – 5 – 2 – 4 – 3 – 0	93	55
3	0 – 10 – 13 – 12 – 0	65	48
4	0 – 1 – 6 – 0	32	28
รวม		284	191

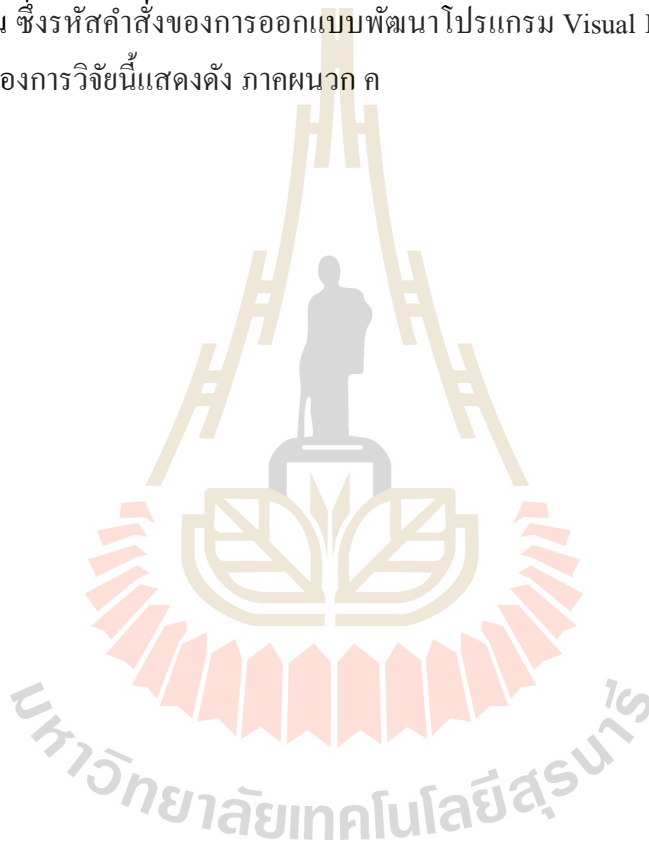
โดยขั้นตอนการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ของปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าทั้งหมดสามารถแสดงเป็นแผนภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงแผนภาพขั้นตอนการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม

### 3.5 การออกแบบพัฒนาโปรแกรม Visual Basic for Application (VBA) บน Microsoft Excel

การออกแบบพัฒนาโปรแกรม Visual Basic for Application สำหรับงานวิจัยนี้นั้นจะทำการพัฒนา ออกแบบคำสั่งด้วยภาษาวีบีเอในการหาคำตอบในการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง โดยออกแบบตามขั้นตอนวิธีการของการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดและนำคำตอบตั้งต้นมาพัฒนาปรับปรุงคำตอบต่อด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยใช้โปรแกรม Visual Basic for Application ในการประมวลผลซึ่งจะทำให้ได้คำตอบที่ต้องการรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งรหัสคำสั่งของการออกแบบพัฒนาโปรแกรม Visual Basic for Application ในการหาคำตอบของการวิจัยนี้แสดงดัง ภาคผนวก ค



## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง โดยทำการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) ในการสร้างคำตอบตั้งต้นและทำการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการวางแผนการจัดเส้นทางรถที่ได้ทำการประมวลผลหาคำตอบด้วยการใช้ Visual Basic for Application ในการหาคำตอบ งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบและประมวลผลการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าทั้งหมด 8 กรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 การสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด จากปัญหาการวางแผนการขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหาการทดสอบทั้งหมด 8 กรณีศึกษา โดยมีจำนวนจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าที่แตกต่างกันในแต่ละกรณีศึกษาซึ่งแสดงรายละเอียดจำนวนจุดส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของปัญหาในแต่ละกรณีศึกษาดังแสดงในภาคผนวก ก โดยทำการประมวลผลหาคำตอบด้วยการใช้ Visual Basic for Application ในการหาผลลัพธ์ของคำตอบซึ่งผลลัพธ์จากการประมวลผลจะแสดงรายละเอียดแบ่งเป็น 8 กรณีศึกษาดังนี้

##### 4.1.1 กรณีศึกษาที่ 1

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด โดยแสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายแสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัด กรณีศึกษาที่ 1

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 7 – 8 – 9 – 11 – 0	94	60
2	0 – 3 – 2 – 4 – 5 – 0	95	55
3	0 – 10 – 13 – 12 – 0	65	48
4	0 – 6 – 1 – 0	32	28
รวม		286	191

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 1 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 4 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 94 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 60 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 95 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 55 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 65 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 48 กล่อง รอบการขนส่งที่ 4 ทำการขนส่งสินค้า 2 จุด ระยะทางรวม 32 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 28 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 286 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 191 กล่อง

#### 4.1.2 กรณีศึกษาที่ 2

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด โดยแสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายแสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัด โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัด กรณีศึกษาที่ 2

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 18 – 20 – 21 – 19 – 0	67	57
2	0 – 11 – 16 – 22 – 15 – 0	91	57
3	0 – 14 – 17 – 0	61	28
รวม		219	142

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 2 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 3 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 67 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 57 กล้อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 91 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 57 กล้อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 2 จุด ระยะทางรวม 61 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 28 กล้อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 219 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 142 กล้อง

#### 4.1.3 กรณีศึกษาที่ 3

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด โดยแสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายแสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 3

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 8 – 7 – 25 – 11 – 0	83	54
2	0 – 2 – 24 – 23 – 0	105	43
รวม		188	97

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 3 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 2 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 83 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 54 กล้อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 105 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 43 กล้อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 188 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 97 กล้อง

#### 4.1.4 กรณีศึกษาที่ 4

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 12 จุด โดยแสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย



แสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 4

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 4 – 2 – 32 – 31 – 0	81	55
2	0 – 27 – 29 – 30 – 3 – 0	81	58
3	0 – 26 – 22 – 28 – 33 – 0	72	58
รวม		234	171

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 4 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 12 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 3 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 81 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 55 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 81 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 58 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 72 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 58 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 234 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 171 กล่อง

#### 4.1.5 กรณีศึกษาที่ 5

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 5 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 16 จุด โดยแสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายแสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 5

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 34 – 35 – 24 – 36 – 0	120	54
2	0 – 54 – 9 – 7 – 8 – 0	128	60
3	0 – 23 – 37 – 3 – 2 – 0	109	58

ตารางที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัต กรณีสึกษาที่ 5 (ต่อ)

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
4	0 – 38 – 4 – 5 – 31 – 0	79	59
รวม		436	231

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีสึกษาที่ 5 จากโรงงานกรณีสึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 16 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 4 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 120 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 54 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 128 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 60 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 109 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 58 กล่อง รอบการขนส่งที่ 4 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 79 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 59 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 436 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 231 กล่อง

#### 4.1.6 กรณีสึกษาที่ 6

จากปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีสึกษาในปัญหากรณีสึกษาที่ 6 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด โดยแสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่ายแสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัต โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหัต กรณีสึกษาที่ 6

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 18 – 41 – 42 – 39 – 0	78	53
2	0 – 40 – 44 – 12 – 0	66	48
3	0 – 43 – 33 – 45 – 0	46	45
รวม		190	146

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีสึกษาที่ 6 จากโรงงานกรณีสึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 3 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 78 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 53

กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 66 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 48  
 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 46 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 45  
 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 190 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 146 กล่อง

#### 4.1.7 กรณีศึกษาที่ 7

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหา  
 กรณีศึกษาที่ 7 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด โดย  
 แสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย  
 แสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบ  
 ประหยัด โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบที่ค้นได้โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 7

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 2 – 5 – 31 – 3 – 0	103	57
2	0 – 22 – 42 – 12 – 0	69	44
3	0 – 45 – 28 – 33 – 0	46	53
4	0 – 47 – 48 – 46 – 0	39	47
รวม		257	201

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษา  
 ที่ 7 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด  
 4 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 103 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 57  
 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 69 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 44  
 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 46 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 53  
 กล่อง รอบการขนส่งที่ 4 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 39 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 47  
 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 257 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 201 กล่อง

#### 4.1.8 กรณีศึกษาที่ 8

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหา  
 กรณีศึกษาที่ 8 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด โดย

แสดงรายละเอียดจุดในการขนส่งสินค้าและปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย แสดงในภาคผนวก ก และทำการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบ ประหยัด โดยมีผลลัพธ์จากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงผลลัพธ์ของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด กรณีศึกษาที่ 8

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 50 – 54 – 34 – 51 – 0	117	56
2	0 – 49 – 52 – 53 – 0	115	42
รวม		232	98

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ปัญหาการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 8 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 2 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 117 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 56 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 115 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 42 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 232 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 98 กล่อง

ดังนั้นในการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยการประมวลผล หาคำตอบด้วยการใช้ Visual Basic for Application ในการทดสอบ 8 กรณีศึกษา สามารถจัด เส้นทางขนส่งสินค้าได้ระยะทางรวมแต่ละกรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงระยะทางรวมของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ในปัญหาการ ทดสอบ 8 กรณีศึกษา

กรณีศึกษา	จุดส่งสินค้า (จุด)	รอบการขนส่ง (รอบ)	ระยะทางรวม (กม.)	ความจุรวม (กล่อง)
1	13	4	286	191
2	10	3	219	142
3	7	2	188	97
4	12	3	234	171
5	16	4	436	231
6	10	3	190	146
7	13	4	257	201

ตารางที่ 4.9 แสดงระยะทางรวมของคำตอบตั้งต้นโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ในปัญหาการทดสอบ 8 กรณีศึกษา (ต่อ)

กรณีศึกษา	จุดส่งสินค้า (จุด)	รอบการขนส่ง (รอบ)	ระยะทางรวม (กม.)	ความจุรวม (กล่อง)
8	7	2	232	98
รวม	88	25	2,042	1,277

## 4.2 การพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

หลังจากที่ได้คำตอบตั้งต้นจากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วในขั้นตอนนี้จะทำการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นที่ได้จากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยทำการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยทำการประมวลผลคำตอบด้วยการใช้ Visual Basic for Application ในการหาผลลัพธ์ของคำตอบ โดยผลลัพธ์จากการประมวลผลจะแสดงรายละเอียดแบ่งเป็น 8 กรณีศึกษา ดังนี้

### 4.2.1 กรณีศึกษาที่ 1

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า โดยจะได้ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 1

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 7 – 8 – 9 – 11 – 0	94	60
2	0 – 5 – 2 – 4 – 3 – 0	93	55
3	0 – 10 – 13 – 12 – 0	65	48
4	0 – 1 – 6 – 0	32	28
รวม		284	191

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 1 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 4 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 94 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 60 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 93 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 55 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 65 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 48 กล่อง รอบการขนส่งที่ 4 ทำการขนส่งสินค้า 2 จุด ระยะทางรวม 32 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 28 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 284 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 191 กล่อง

#### 4.2.2 กรณีศึกษาที่ 2

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 2 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยจะได้ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 2

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 18 – 20 – 21 – 19 – 0	67	57
2	0 – 16 – 11 – 22 – 15 – 0	86	57
3	0 – 14 – 17 – 0	61	28
รวม		214	142

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 2 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 3 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 67 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 57 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 86 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 57 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 2 จุด ระยะทางรวม 61 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 28 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 214 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 142 กล่อง

### 4.2.3 กรณีศึกษาที่ 3

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยจะได้ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 3

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 8 – 7 – 25 – 11 – 0	83	54
2	0 – 2 – 23 – 24 – 0	105	43
รวม		188	97

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 3 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 2 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 83 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 54 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 105 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 43 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 188 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 97 กล่อง

### 4.2.4 กรณีศึกษาที่ 4

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 4 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 12 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยจะได้ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.13



ตารางที่ 4.13 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 4

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 4 – 2 – 32 – 31 – 0	81	55
2	0 – 27 – 29 – 30 – 3 – 0	81	58
3	0 – 28 – 22 – 26 – 33 – 0	69	58
รวม		231	171

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 4 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 12 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 3 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 81 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 55 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 81 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 58 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 69 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 58 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 231 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 171 กล่อง

#### 4.2.5 กรณีศึกษาที่ 5

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 5 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 16 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยจะได้ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 5

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 34 – 36 – 24 – 35 – 0	75	54
2	0 – 54 – 9 – 7 – 8 – 0	128	60
3	0 – 23 – 37 – 3 – 2 – 0	109	58
4	0 – 38 – 4 – 5 – 31 – 0	79	59
รวม		391	231



จากตารางที่ 4.14 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 5 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 16 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 4 รอบ  
 รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 75 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 54 ถัง  
 รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 128 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 60 ถัง  
 รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 109 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 58 ถัง  
 รอบการขนส่งที่ 4 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 79 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 59 ถัง  
 สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 391 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 231 ถัง

#### 4.2.6 กรณีศึกษาที่ 6

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 6 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยจะได้ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 6

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (ถัง)
1	0 – 42 – 41 – 18 – 39 – 0	74	53
2	0 – 40 – 44 – 12 – 0	66	48
3	0 – 43 – 33 – 45 – 0	46	45
รวม		186	146

จากตารางที่ 4.15 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 6 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 10 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 3 รอบ  
 รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 74 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 53 ถัง  
 รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 66 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 48 ถัง  
 รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 46 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 45 ถัง  
 สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 186 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 146 ถัง

#### 4.2.7 กรณีศึกษาที่ 7

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 7 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยจะได้ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 7

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 31 – 5 – 2 – 3 – 0	90	57
2	0 – 22 – 42 – 12 – 0	69	44
3	0 – 45 – 28 – 33 – 0	46	53
4	0 – 47 – 48 – 46 – 0	39	47
รวม		244	201

จากตารางที่ 4.16 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 7 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 13 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 4 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 90 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 57 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 69 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 44 กล่อง รอบการขนส่งที่ 3 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 46 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 53 กล่อง รอบการขนส่งที่ 4 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 39 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 47 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 244 กิโลเมตรและส่งสินค้าทั้งหมด 201 กล่อง

#### 4.2.8 กรณีศึกษาที่ 8

จากปัญหาการวางแผนจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าของโรงงานกรณีศึกษาในปัญหากรณีศึกษาที่ 8 ซึ่งมีจุดที่ต้องทำการขนส่งสินค้าไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด เมื่อได้ทำการหาคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแล้วนำคำตอบตั้งต้นที่ได้มาพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า โดยจะได้

ผลลัพธ์ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากการประมวลผลในการหาคำตอบแสดงดัง ตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงผลลัพธ์การพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม กรณีศึกษาที่ 8

ลำดับรถ	เส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ความจุ (กล่อง)
1	0 – 50 – 54 – 34 – 51 – 0	117	56
2	0 – 53 – 52 – 49 – 0	115	42
รวม		232	98

จากตารางที่ 4.17 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาที่ 8 จากโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย ทั้งหมด 7 จุด โดยมีรอบการขนส่งทั้งหมด 2 รอบ รอบการขนส่งที่ 1 ทำการขนส่งสินค้า 4 จุด ระยะทางรวม 117 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 56 กล่อง รอบการขนส่งที่ 2 ทำการขนส่งสินค้า 3 จุด ระยะทางรวม 115 กิโลเมตร บรรทุกสินค้า 42 กล่อง สรุประยะทางรวมในการขนส่งทั้งหมด 232 กิโลเมตรและขนส่งสินค้าทั้งหมด 98 กล่อง

ดังนั้นในการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยประมวลผลหาคำตอบด้วยการใช้ Visual Basic for Application ในการทดสอบ 8 กรณีศึกษา สามารถจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าได้ระยะทางรวมแต่ละกรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แสดงระยะทางรวมของการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้น โดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

กรณีศึกษา	จุดส่งสินค้า (จุด)	รอบการขนส่ง (รอบ)	ระยะทางรวม (กม.)	ความจุรวม (กล่อง)
1	13	4	284	191
2	10	3	214	142
3	7	2	188	97
4	12	3	231	171
5	16	4	391	231
6	10	3	186	146
7	13	4	244	201
8	7	2	232	98
รวม	88	25	1,970	1,277

จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม และผลลัพธ์จากการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด พบว่า สามารถลดระยะทางรวมของการขนส่งสินค้าทั้ง 8 กรณีศึกษาได้ ดังแสดงตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์วิธีการเชิงพันธุกรรมและวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด

กรณีศึกษา	วิธีการหาคำตอบ	ระยะทางรวม (กม.)	ความแตกต่างของ ระยะทาง (%)
1	Saving Algorithm	286	0.70%
	Genetic Algorithm	284	
2	Saving Algorithm	219	2.28%
	Genetic Algorithm	214	
3	Saving Algorithm	188	0.00%
	Genetic Algorithm	188	
4	Saving Algorithm	234	1.28%
	Genetic Algorithm	231	
5	Saving Algorithm	436	10.32%
	Genetic Algorithm	391	
6	Saving Algorithm	190	2.11%
	Genetic Algorithm	186	
7	Saving Algorithm	257	5.06%
	Genetic Algorithm	244	
8	Saving Algorithm	232	0.00%
	Genetic Algorithm	232	
สรุป	Saving Algorithm	2,042	3.53%

จากตารางที่ 4.19 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม และผลลัพธ์จากการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด พบว่า วิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถพัฒนาปรับปรุงคำตอบในภาพรวมได้ส่งผลให้ระยะทางการขนส่งสินค้าลดลงจากคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดเพิ่มขึ้น จาก 2,042 กิโลเมตรเหลือเพียง 1,970 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.53 และเมื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละกรณีศึกษาแล้วนั้นจะมีบาง

กรณีศึกษาที่ไม่สามารถปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นได้ คือ กรณีศึกษาที่ 3 และ 8 สังเกตได้ว่าในกรณีศึกษาดังกล่าวนั้นจะมีจำนวนรอบในการขนส่งทั้งหมด 2 รอบและมีจุดการส่งสินค้าจำนวน 7 จุดเท่ากันทั้ง 2 กรณีศึกษา

ทำให้สามารถกล่าวได้ว่า การหาคำตอบด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัคนั้นจะมีประสิทธิภาพในกรณีที่มีจำนวนจุดส่งสินค้าน้อยๆ เนื่องจากไม่สามารถพัฒนาปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมได้ หมายความว่าคำตอบที่ได้จากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัคนั้นเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดแล้ว เปรียบเทียบกับกรณีศึกษาอื่นๆ ที่มีจำนวนจุดส่งสินค้าตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป พบว่า ประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัคนั้นลดลง เนื่องจากยังสามารถพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมให้มีคำตอบที่ดีขึ้นได้



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

หลังจากทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อเป็นการปรับปรุงการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าให้มีคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดนั้นสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งได้ทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งมีศูนย์กระจายสินค้าเพียง 1 แห่ง และมีจำนวนลูกค้าบริษัทตัวแทนจำหน่ายทั้งหมด 54 แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ระยะทางในการขนส่งที่ประหยัดที่สุดซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งลดลง งานวิจัยนี้จึงได้ทำการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ในการสร้างคำตอบตั้งต้นพร้อมทั้งพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม และประมวลผลหาคำตอบผ่านทาง Visual Basic for Application บน Microsoft Excel ในการหาคำตอบ

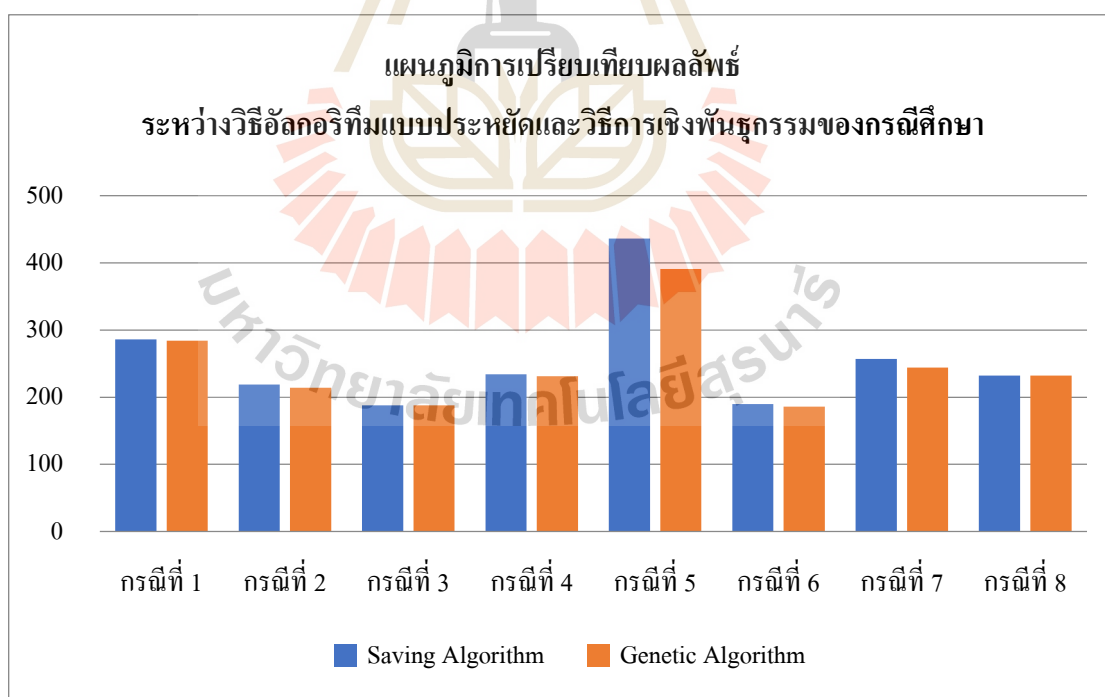
โดยทำการทดสอบผ่านกรณีศึกษาทั้งหมด 8 กรณีศึกษา และนำคำตอบที่ได้จากกรณีศึกษามาทำการเปรียบเทียบกันระหว่างคำตอบตั้งต้นที่ได้จากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด และคำตอบที่ได้จากการพัฒนาปรับปรุงด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้คือ การพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม สามารถลดระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าได้เพิ่มขึ้น จากการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดได้ โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมีระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าทั้งหมด 2,042 กิโลเมตรและวิธีการเชิงพันธุกรรมมีระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าทั้งหมด 1,970 กิโลเมตร โดยมีความแตกต่างของระยะทางรวมคิดเป็นร้อยละ 3.53 ดังแสดงในตารางที่ 4.19 ในบทที่ 4 และรูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดและวิธีการเชิงพันธุกรรมของกรณีศึกษา ดังนั้น สรุปได้ว่าการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดและพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิง

พันธุกรรมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าให้มีความเหมาะสมและลดระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมในงานวิจัยนี้นั้นจะเห็นได้ว่าเป็นกระบวนการที่เลียนแบบธรรมชาติต้องมีการผ่านขั้นตอนการสุ่มและการหาความน่าจะเป็นเป็นหลักซึ่งมีข้อดี คือ ทำให้ได้คำตอบที่มีความหลากหลาย และข้อเสียก็คือ คำตอบที่ได้ในแต่ละรอบนั้นไม่สามารถรับรองได้ว่าเป็นค่าที่ดีที่สุด แต่สามารถกล่าวได้ว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงค่าคำตอบที่ดีที่สุด

โดยในปัจจุบันการจัดเส้นทางขนส่งสินค้านอกจากวิธีที่ได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้แล้วนั้นยังมีวิธีการอื่นๆ อีกหลายวิธีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าได้เช่นกัน เช่น วิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) และวิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในลักษณะอื่นๆ ที่แตกต่างกันได้



รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด  
และวิธีการเชิงพันธุกรรมของกรณีศึกษา

## รายการอ้างอิง

- กวี ศรีเมือง (2550). การหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก : กรณีศึกษาที่อัสซูปเปอร์มาร์เก็ต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.: 26-29.
- ขนิษฐา รัตนพงษ์พร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร ระโหฐาน (2558). การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการรับ-ส่งของรถยก : กรณีศึกษา หจก.สินชัย ออโต้. วารสารวิชาการ ศรีปทุม ชลบุรี.: 55-64.
- ชินภัทร อ่อนฉิม (2555). การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าสำหรับศูนย์กระจายสินค้าบางนา ด้วยวิธีการจัด Routing สายรถขนส่งในกรุงเทพฯและปริมณฑล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.: 5-25.
- ณกร อินทร์พยุง (2548). การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ธนศ ทักษิณวราจาร (2543). การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการกระจายสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.: 10-15.
- ไพจิตร อุปลัมภ์ (2556). การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ : กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา อำเภอแม่จวนจัตวีร์ จังหวัดขอนแก่น. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.: 48-50.
- ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554). วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).
- รีนฤติ อัครมณี (2553). การพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.: 85-97.
- วรรณวิมล วรรณศิริ (2553). การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เส้นทางเดินรถขนส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.: 89-105.



- เศรษฐา เพชรอำไพ และธรรธร ภูถักทรนิรันดร์ (2554). การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางการทำงาน กรณีสถานงานเรียงต่อกันเป็นอนุกรม. **วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร** 8(1): 9-20.
- สุพัตรา กฤษวัฒนาภรณ์ (2558). การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดสถานงานในกระบวนการผลิต. **ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.**: 50-54.
- Clark G, and Wright, J.W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. **Operation Research**. 12: 568 – 581.
- Golden, B.L., and Stewart, W.R. (1985). **Empirical Analysis of Heuristics.**: 207 – 249.
- Geonwook Jeon, Herman R. Leep, Jae Young Shim. (2007). A Vehicle Routing Problem Solved by Using A Hybrid Genetic Algorithm. **Computer & Industrial Engineering**. 53(4): 608 – 692.
- Hillier, F.S. and Lieberman, G.J. (2001). **Introduction to Operation Research**. New York : McGraw – hill.
- Holland, J. (1975). **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. Ann Arbor : University of Michigan Press.
- Laporte, G. (1992). The Vehicle Routing Problem: An Overview of exact and approximate algorithms. **European Journal of Operational Research**. 59: 345-358.
- Toth, P. and D. Vigo. (2000). The Vehicle Routing Problem. **Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia**. USA.



ภาคผนวก ก

ปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย



ตารางที่ ก.1 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 1 (ต่อ)

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า												
	1. บิ๊กซี บางพลี	2. คาร์ฟู รามอินทรา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	4. คาร์ฟู ลาดพร้าว	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	6. บิ๊กซี สมุทรปราการ	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	8. คาร์ฟู บางบอน	9. ฟู๊ดแลนด์ จรัญสนิทวงศ์	10. สยามชัย สาทร	11. กรุงเทพมหานคร เจริญนคร	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	13. สยามเจ้าพระยา เจริญนคร
20. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
22. ปอเปี๊ยะกึ่ง (Makro)	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
23. ปอเปี๊ยะฝัก (Makro)	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
24. บัวลอยงาคำ (Makro)	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
25. ซาโมซ่ากล้วย (Makro)	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
รวม	13	14	13	13	15	15	16	17	13	14	14	17	17

ตารางที่ ก.2 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 2

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า									
	14. แมคโคร บางกะปิ	15. เอสเอนด์พี บางกะปิ	16. โอเรียนเต็ล สาทร	11. กรุงเทพริมน้ำ เจริญนคร	17. แมคโคร บางนา	18. ท็อปปริตม	19. วิลล่า สยาม	20. วิลล่า เฟลนิจิต	21. สยามพารากอน	22. แมคโคร เอกชัย
1. กุ้งพันอ้อย	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
2. เกียวซ่าหมู	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
3. ซาโมซ่าผัก	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
4. ขนมจีบกุ้ง	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1
5. ขนมจีบหมู	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
6. บั้วลอยงาดำ	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
7. ปอเปี๊ยะกุ้ง	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
8. ปอเปี๊ยะผัก	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
9. สะเก้งกุ้ง	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
10. ซาโมซ่ากล้วย	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0
11. เกียวกั๊นหอยกุ้ง	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
12. ลูกชิ้นลูกกลัดขนมปัง	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
13. ปอเปี๊ยะชีฟูดพันธุ์สาหร่าย	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
14. ปอเปี๊ยะญวณกุ้ง	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
15. ซาลาเปาไส้หวาน	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
16. ซาลาเปารวมหมูสับไก่	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
17. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 5.5 (280 g.)	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
18. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Modern	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0
19. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 330 g.	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
20. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
22. ปอเปี๊ยะกุ้ง (Makro)	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
23. ปอเปี๊ยะผัก (Makro)	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
24. บั้วลอยงาดำ (Makro)	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
25. ซาโมซ่ากล้วย (Makro)	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1
รวม	15	13	15	13	13	14	15	15	13	16

ตารางที่ ก.3 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 3

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า						
	2. คาร์ฟู รามอินทรา	23. คาร์ฟู บางปะกอก	24. คาร์ฟู บางเค	8. คาร์ฟู บางบอน	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	11. กรุงเทพริมน้ำ เจริญนคร	25. บ้านริมน้ำเจ้าพระยา เจริญนคร
1. กุ้งพันอ้อย	1	1	1	1	0	0	0
2. เถี่ยวซ่าหมู	0	0	1	0	1	0	0
3. ซาโมซ่าผัก	0	0	1	1	0	1	1
4. ขนมจีบกุ้ง	0	1	0	0	1	1	1
5. ขนมจีบหมู	1	1	1	1	0	0	0
6. บั๊วลอยงาดำ	1	0	0	1	0	0	1
7. ปอเปี๊ยะกุ้ง	1	0	1	0	1	0	0
8. ปอเปี๊ยะผัก	1	1	0	1	0	0	0
9. สะเก้งกุ้ง	0	0	1	1	1	1	0
10. ซาโมซ่ากล้วย	1	0	1	0	0	0	0
11. เถี่ยวก้นหอยกุ้ง	1	0	1	0	0	1	0
12. ลูกชิ้นลูกกลัดขนมปัง	1	0	0	1	1	0	1
13. ปอเปี๊ยะซีฟู้ดพันสาหร่าย	1	0	1	0	1	0	1
14. ปอเปี๊ยะญวนกุ้ง	1	1	1	1	1	1	1
15. ซาลาเปาไส้หวาน	0	1	0	1	1	1	0
16. ซาลาเปารวมหมูสับไก่	1	1	1	0	1	1	0
17. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 5.5 (280 g.)	0	1	1	0	1	1	1
18. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Modern Trade)	1	0	0	1	0	0	1
19. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 330 g.	1	1	1	1	0	0	1
20. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	0	1	0	1	0	1	1
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	0	1	1	1	1	1	1
22. ปอเปี๊ยะกุ้ง (Makro)	0	0	1	0	0	0	1
23. ปอเปี๊ยะผัก (Makro)	0	1	0	0	1	1	1
24. บั๊วลอยงาดำ (Makro)	1	0	1	1	0	1	0
25. ซาโมซ่ากล้วย (Makro)	0	1	0	0	1	1	1
รวม	14	13	16	14	13	13	14

ตารางที่ ก.4 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 4

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า											
	๒๖. บิ๊กซี เอกชัย	๒๗. บิ๊กซี ราชดำริ	๒๘. บิ๊กซี ลำไ้โรง	๒๙. บิ๊กซี พระราม 4	30. โรจรัมราดาร์ ลุมพินี	4. คาร์ฟู ลาตพรว	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	2. คาร์ฟู รามอินทรา	31. คาร์ฟู สุขาภิบาล 3	๓๒. บิ๊กซี แฟชั่นไอซ์แลนด์	33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	22. แมคโคร เอกชัย
1. กุ้งพันอ้อย	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
2. กุ้งแช่หมู	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
3. ซาโมซ่าผัก	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
4. ขนมจีบกุ้ง	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
5. ขนมจีบหมู	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
6. บั๊วลอยงาดำ	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
7. ปอเปี๊ยะกุ้ง	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
8. ปอเปี๊ยะผัก	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
9. สะเก็กุ้ง	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
10. ซาโมซ่ากล้วย	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
11. กุ้งก้นหอยกุ้ง	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
12. ลูกชิ้นลูกเกดสดขนมปัง	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
13. ปอเปี๊ยะจิ๋วทอดสำหรับ	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
14. ปอเปี๊ยะญวนกุ้ง	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
15. ซาลาเปาไส้หวาน	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
16. ซาลาเปารวมหมูสับไก่	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
17. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 5.5 (280 g.)	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
18. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Modern Trade)	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
19. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 330	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
20. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1

ตารางที่ ก.4 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 4 (ต่อ)

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า											
	๒๖. บิ๊กซี เอกชัย	๒๗. บิ๊กซี ราชดำริ	๒๘. บิ๊กซี ลำไ้โรง	๒๙. บิ๊กซี พระราม 4	30. โรงแรมราชดำริ ดุมพินี	4. คาร์ฟู ลาตพรวัว	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	2. คาร์ฟู งามอินทรา	31. คาร์ฟู สุขุมวิท 3	๓๒. บิ๊กซี แฟชั่นไอซ์แลนด์	33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	22. แม็คโคร เอกชัย
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
22. ปอเปี๊ยะกึ่ง (Makro)	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
23. ปอเปี๊ยะผัก (Makro)	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
24. บัวลอยงาดำ (Makro)	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
25. ซาโมซ่ากล้วย (Makro)	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1
รวม	15	15	14	14	14	16	15	13	13	13	14	15





ตารางที่ ก.5 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 5

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า															
	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	24. คาร์ฟู บางแค	9. ผู้ดูแลเคต์ เจริญสมัยทางส์	23. คาร์ฟู บางปะกอก	8. คาร์ฟู บางบอน	34. คาร์ฟู แจ้งวัฒนะ	54. คาร์ฟู รังสิต	35. คาร์ฟู บางใหญ่ นนทบุรี	36. คาร์ฟู รัตนาธิเบศร์	37. คาร์ฟู เอกชัย	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	31. คาร์ฟู สุขุมวิท3	38. ผู้ดูแลเคต์ ลาดพร้าว	2. คาร์ฟู รามอินทรา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	4. คาร์ฟู ลาดพร้าว
1. กุ้งพันอ้อย	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
2. เกียวซ่าหมู	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1
3. ซาโมซ่าผัก	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1
4. ขนมจีบกุ้ง	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
5. ขนมจีบหมู	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
6. บั๊วลอยงาดำ	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
7. ปอเปี๊ยะกุ้ง	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
8. ปอเปี๊ยะผัก	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
9. สะเก๋กุ้ง	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
10. ซาโมซ่ากล้วย	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
11. เกียวกันหอยกุ้ง	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
12. ลูกชิ้นคอกเก็ต ขนมปัง	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
13. ปอเปี๊ยะชีฟู้ดพัน สาหร่าย	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
14. ปอเปี๊ยะญวนกุ้ง	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
15. ซาลาเปาไส้ หวาน	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
16. ซาลาเปารวมหมู สับไก่	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0
17. แผ่นแป้งปอ เปี๊ยะ 5.5 (280 g.)	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
18. แผ่นแป้งปอ เปี๊ยะ 8.5 (Modern Trade)	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
19. แผ่นแป้งปอ เปี๊ยะ 330 g.	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
20. แผ่นแป้งปอ เปี๊ยะ 8.5 (Makro)	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1

ตารางที่ ก.5 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 5 (ต่อ)

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า															
	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	24. คาร์ฟู บางแค	9. ฟู้ดแลนด์ เจริญสินทวงศ์	23. คาร์ฟู บางปะกอก	8. คาร์ฟู บางบอน	34. คาร์ฟู แจ้งวัฒนะ	54. คาร์ฟู รังสิต	35. คาร์ฟู บางใหญ่ นนทบุรี	36. คาร์ฟู รัตนาธิเบศร์	37. คาร์ฟู เอกชัย	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	31. คาร์ฟู สุขภิบาล3	38. ฟู้ดแลนด์ ลาดพร้าว	2. คาร์ฟู รามอินทรา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	4. คาร์ฟู ลาดพร้าว
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
22. ปอเปี๊ยะกึ่ง (Makro)	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
23. ปอเปี๊ยะผัก (Makro)	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
24. บัวลอยงาดำ (Makro)	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
25. ซาโมซากุ๊ว (Makro)	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
รวม	0	2	4	1	1	3	2	2	3	5	4	2	4	3	2	1



ตารางที่ ก.6 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 6

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า									
	12. การ์ฟู อ่อนนุช	39. ตะวันนา บางกะปิ	40. จิตมอลล์เอ็มโพเรียม	18. ท็อป จิตคอม	41. ฟู้ดแลนด์ พัฒนพงศ์ สีส้ม	42. การ์ฟู พระราม4	43. ฟู้ดแลนด์ ศรีนครินทร์	44. ท็อป สุขุมวิท3	33. การ์ฟู ศรีนครินทร์	45. การ์ฟู สำโรง
1. กุ้งพันอ้อย	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
2. เกียวซ่าหมู	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
3. ซาโมซ่าผัก	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
4. ขนมจีบกุ้ง	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
5. ขนมจีบหมู	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
6. บั้วลอยงาดำ	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0
7. ปอเปี๊ยะกุ้ง	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0
8. ปอเปี๊ยะผัก	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
9. สะเก๋กุ้ง	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
10. ซาโมซ่ากล้วย	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
11. เกียวกันหอยกุ้ง	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
12. ลูกชิ้นลูกกลัดขนมปัง	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
13. ปอเปี๊ยะชีฟูดพันสาหร่าย	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
14. ปอเปี๊ยะญวนกุ้ง	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
15. ซาลาเปาไส้หวาน	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
16. ซาลาเปารวมหมูสับไก่	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
17. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 5.5 (280 g.)	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
18. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Modern Trade)	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
19. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 330 g.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
20. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
22. ปอเปี๊ยะกุ้ง (Makro)	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
23. ปอเปี๊ยะผัก (Makro)	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
24. บั้วลอยงาดำ (Makro)	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0
25. ซาโมซ่ากล้วย (Makro)	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
รวม	16	14	17	13	13	13	15	15	14	16

ตารางที่ ก.7 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 7

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า												
	22. แมคโคร เอกชัย	46. แมคโคร ศรีนครินทร์	45. คาร์ฟู ลำไโรง	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	42. คาร์ฟู พระราม4	28. บิ๊กซี ลำไโรง	33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	47. ท็อป ศรีนครินทร์	48. ท็อป บางนา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	2. คาร์ฟู รามอินทรา	31. คาร์ฟู สุขุมวิท3	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์
1. กุ้งพันธุ์อ้อย	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2. กุ้งขาวหามู	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
3. ซาโมซ่าผัก	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
4. ขนมจีบกุ้ง	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
5. ขนมจีบหมู	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
6. บั๊วลอยงาคำ	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
7. ปอเปี๊ยะกุ้ง	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
8. ปอเปี๊ยะผัก	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
9. สะเก้งกุ้ง	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
10. ซาโมซ่ากล้วย	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
11. กุ้งก้ามกราม	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
12. ลูกชิ้นคอกก๊อด ขนมปัง	0	1	1	1	1	0	10	1	1	1	1	1	0
13. ปอเปี๊ยะชีฟูดพัน สำหรับ	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
14. ปอเปี๊ยะญวนกุ้ง	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
15. ซาลาเปาไส้หวาน	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
16. ซาลาเปารวมหมู ไส้ไก่	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0
17. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 5.5 (280 g.)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Modern Trade)	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
19. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 330 g.	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
20. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1

ตารางที่ ก.7 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 7 (ต่อ)

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า												
	22. แมคโคร เอกชัย	46. แมคโคร ศรีนครินทร์	45. คาร์ฟู ลำไโรง	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	42. คาร์ฟู พระราม4	28. บิ๊กซี ลำไโรง	33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	47. ท็อป ศรีนครินทร์	48. ท็อป บางนา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	2. คาร์ฟู รามอินทรา	31. คาร์ฟู สุขุมวิท3	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
22. ปอเปี๊ยะกึ่ง (Makro)	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
23. ปอเปี๊ยะผัก (Makro)	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
24. บัวลอยงาดำ (Makro)	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1
25. ซาโมซ่ากล้วย (Makro)	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
รวม	2	4	2	1	2	4	2	3	3	2	2	1	2



ตารางที่ ก.8 แสดงปริมาณความต้องการสินค้าของบริษัทตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 8

รายการสินค้า	ลูกค้า/จำนวนความต้องการของลูกค้า						
	49. คาร์ฟู คลองสาม ปทุมธานี	50. ฟู๊ดแลนด์ หลักสี่	51. บิ๊กซี รัตนาธิเบศร์	52. บิ๊กซี วงศ์สว่าง	53. บิ๊กซี พระราม2	34. คาร์ฟู แจ้งวัฒนะ	54. คาร์ฟู รังสิต
1. กุ้งพันธุ์อ้อย	1	0	1	1	1	0	0
2. เกียวซ่าหมู	1	1	1	1	0	0	1
3. ซาโมซ่าผัก	0	0	0	0	0	1	1
4. ขนมจีบกุ้ง	1	1	1	0	0	1	0
5. ขนมจีบหมู	1	1	1	0	1	1	1
6. บัวยอยงาคำ	0	0	0	1	1	1	0
7. ปอเปี๊ยะกุ้ง	1	0	1	1	1	1	1
8. ปอเปี๊ยะผัก	1	0	0	0	1	0	0
9. อะเก้กุ้ง	1	0	1	0	0	1	1
10. ซาโมซ่ากล้วย	0	1	0	1	0	0	0
11. เกียวซ่าหมู	0	1	0	1	1	0	1
12. ลูกชิ้นลูกเกดขนมปัง	0	1	1	1	1	0	1
13. ปอเปี๊ยะชีฟู้ดพันธุ์สาหร่าย	0	1	1	1	1	1	0
14. ปอเปี๊ยะญวณกุ้ง	1	1	1	1	1	1	1
15. ซาลาเปาไส้หวาน	1	1	0	1	0	1	1
16. ซาลาเปารวมหมูสับไก่	0	0	0	0	0	0	0
17. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 5.5 (280 g.)	1	1	1	1	0	1	1
18. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Modern Trade)	0	0	0	1	1	1	0
19. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 330 g.	0	0	1	1	1	0	1
20. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 8.5 (Makro)	1	1	1	0	0	0	1
21. แผ่นแป้งปอเปี๊ยะ 660 g. (อุตสาหกรรม)	1	0	1	1	0	0	1
22. ปอเปี๊ยะกุ้ง (Makro)	0	1	1	1	1	1	1
23. ปอเปี๊ยะผัก (Makro)	0	1	0	0	1	0	0
24. บัวยอยงาคำ (Makro)	0	1	0	0	1	0	0
25. ซาโมซ่ากล้วย (Makro)	0	1	0	0	1	0	1
รวม	12	15	14	15	15	12	15

ภาคผนวก ข

ระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังบริษัทตัวแทนจำหน่าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.1 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานการศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 1

จำนวนลูกค้าในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	1. บิ๊กซี บางพลี	2. คาร์ฟู รามอินทรา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	4. คาร์ฟู ตลาดพร้าว	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	6. บิ๊กซี สมุทรปราการ	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	8. คาร์ฟู บางบอน	9. ฟู๊ดแลนด์ จรัญสนิทวงศ์	10. สยามชัย สาทร	11. กรุงเทพมหานคร เจริญนคร	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	13. สยามเจ้าพระยา เจริญนคร
0. โรงงานบางพลี	0	6	35	28	26	27	13	39	39	40	27	29	16	30
1. บิ๊กซี บางพลี	6	0	35	27	25	26	13	39	39	39	26	29	16	29
2. คาร์ฟู รามอินทรา	35	35	0	18	11	12	34	34	34	30	25	28	23	28
3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	28	27	18	0	15	21	23	17	17	15	12	15	11	15
4. คาร์ฟู ตลาดพร้าว	26	25	11	15	0	11	23	27	27	24	16	20	12	19
5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	27	26	12	21	11	0	28	38	39	36	27	31	20	30
6. บิ๊กซี สมุทรปราการ	13	13	34	23	23	28	0	32	32	33	20	22	11	22
7. คาร์ฟู เพชรเกษม	39	39	34	17	27	38	32	0	5	9	13	15	24	15
8. คาร์ฟู บางบอน	39	39	34	17	27	39	32	5	0	10	13	15	24	15
9. ฟู๊ดแลนด์ จรัญสนิทวงศ์	40	39	30	15	24	36	33	9	10	0	13	11	24	15
10. สยามชัย สาทร	27	26	25	12	16	27	20	13	13	13	0	9	11	8
11. กรุงเทพมหานคร เจริญนคร	29	29	28	15	20	31	22	15	15	11	9	0	14	6
12. คาร์ฟู อ่อนนุช	16	16	23	11	12	20	11	24	24	24	11	14	0	14
13. สยามเจ้าพระยา เจริญนคร	30	29	28	15	19	30	22	15	15	15	8	6	14	0



ตารางที่ ข.2 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานการศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 2

จำนวนลูกค้าในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	14. แมคโคร บางกะปิ	15. เอสแอนด์พี บางกะปิ	16. โอเรียนเต็ล สาทร	11. กรุงเทพมหานคร เจริญนคร	17. แมคโคร บางนา	18. ท็อป ซิดลม	19. วิลล่า สีส้ม	20. วิลล่า เพลินจิต	21. สยามพารากอน	22. แมคโคร เอกชัย
0. โรงงานบางพลี	0	26	26	27	29	8	30	30	29	31	28
14. แมคโคร บางกะปิ	26	0	1	12	15	27	9	13	9	11	15
15. เอสแอนด์พี บางกะปิ	26	1	0	12	15	27	9	13	9	11	15
16. โอเรียนเต็ล สาทร	27	12	12	0	8	29	10	8	9	9	13
11. กรุงเทพมหานคร เจริญนคร	29	15	15	8	0	31	12	7	11	11	10
17. แมคโคร บางนา	8	27	27	29	31	0	31	32	30	32	35
18. ท็อป ซิดลม	30	9	9	10	12	31	0	5	1	3	16
19. วิลล่า สีส้ม	30	13	13	8	7	32	5	0	5	3	16
20. วิลล่า เพลินจิต	29	9	9	9	11	30	1	5	0	3	16
21. สยามพารากอน	31	11	11	9	11	32	3	3	3	0	18
22. แมคโคร เอกชัย	28	15	15	13	10	35	16	16	16	18	0



ตารางที่ ข.3 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 3

จำนวนลูกค้าในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	2. คาร์ฟู รามอินทรา	23. คาร์ฟู บางปะกอก	24. คาร์ฟู บางแค	8. คาร์ฟู บางบอน	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	11. กรุงเทพริมน้ำ เจริญนคร	25. บ้านริมน้ำเจ้าพระยา เจริญนคร
0. โรงงานบางพลี	0	35	28	43	39	39	29	30
2. คาร์ฟู รามอินทรา	35	0	32	15	34	34	28	27
23. คาร์ฟู บางปะกอก	28	32	0	27	11	12	9	10
24. คาร์ฟู บางแค	43	15	27	0	24	23	23	22
8. คาร์ฟู บางบอน	39	34	11	24	0	5	10	10
7. คาร์ฟู เพชรเกษม	39	34	12	23	5	0	8	8
11. กรุงเทพริมน้ำ เจริญนคร	29	28	9	23	10	8	0	2
25. บ้านริมน้ำเจ้าพระยา เจริญนคร	30	27	10	22	10	8	2	0



ตารางที่ ข.4 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานการศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 4

จำนวนลูกค้าในการ ขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	26. บิ๊กซี เอกชัย	27. บิ๊กซี ราชดำริ	28. บิ๊กซี ลำไโรง	29. บิ๊กซี พระราม4	30. โรงแรมราชดำริ ลุมพินี	4. คาร์ฟู ลาตพร้าว	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	2. คาร์ฟู รามอินทรา	31. คาร์ฟู สุขุมวิท3	32. บิ๊กซี เฟชั่นไอซ์แลนด์	33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	22. แมคโคร เอกชัย
1. โรงงานบางพลี	0	23	29	16	27	25	26	28	35	23	27	14	28
2. บิ๊กซี เอกชัย	23	0	12	13	10	8	15	10	20	18	20	15	11
3. บิ๊กซี ราชดำริ	29	12	0	16	7	8	15	11	24	24	26	20	11
4. บิ๊กซี ลำไโรง	16	13	16	0	13	13	22	18	33	25	29	11	13
5. บิ๊กซี พระราม4	27	10	7	13	0	7	15	11	24	23	26	18	10
6. โรงแรมราชดำริ ลุมพินี	25	8	8	13	7	0	13	10	22	21	24	17	13
7. คาร์ฟู ลาตพร้าว	26	15	15	22	15	13	0	15	11	15	11	21	21
8. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	28	10	11	18	11	10	15	0	18	19	21	21	12
9. คาร์ฟู รามอินทรา	35	20	24	33	24	22	11	18	0	14	12	32	30
10. คาร์ฟู สุขุมวิท3	23	18	24	25	23	21	15	19	14	0	9	23	29
11. บิ๊กซี เฟชั่น ไอซ์แลนด์	27	20	26	29	26	24	11	21	12	9	0	26	31
12. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	14	15	20	11	18	17	21	21	32	23	26	0	19
13. แมคโคร เอกชัย	28	11	11	13	10	13	21	12	30	29	31	19	0

ตารางที่ ข.5 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานการศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 5

จำนวนลูกค้าใน การขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	7. คาร์ฟู เพชรเกษม	24. คาร์ฟู บางแค	9. ฟู๊ดแลนด์ เจียรวนนท์	23. คาร์ฟู บางปะกอก	8. คาร์ฟู บางบอน	34. คาร์ฟู แจ้งวัฒนะ	54. คาร์ฟู รังสิต	35. คาร์ฟู บางใหญ่ นนทบุรี	36. คาร์ฟู รัตนาธิเบศร์	37. คาร์ฟู เอกชัย	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	31. คาร์ฟู สุขภิบาล3	38. ฟู๊ดแลนด์ ลาดพร้าว	2. คาร์ฟู รามอินทรา	3. คาร์ฟู รัชดาฯ	4. คาร์ฟู ลาดพร้าว
0. โรงงานบางพลี	0	39	43	40	28	39	47	45	49	43	33	27	23	28	35	28	26
7. คาร์ฟู เพชรเกษม	39	0	23	9	12	5	30	35	24	23	12	38	37	25	34	17	27
24. คาร์ฟู บางแค	43	23	0	19	27	24	11	12	12	5	26	26	27	15	15	16	18
9. ฟู๊ดแลนด์ จรัญสนิทวงศ์	40	9	19	0	14	10	25	30	19	19	15	36	34	22	30	15	24
23. คาร์ฟู บางปะกอก	28	12	27	14	0	11	33	36	30	27	10	33	30	21	32	14	22
8. คาร์ฟู บางบอน	39	5	24	10	11	0	30	35	24	24	12	39	37	25	34	17	27
34. คาร์ฟู แจ้งวัฒนะ	47	30	11	25	33	30	0	13	13	11	32	27	28	19	15	21	21
54. คาร์ฟู รังสิต	45	35	12	30	36	35	13	0	17	12	36	21	24	18	14	23	19
35. คาร์ฟู บางใหญ่ นนทบุรี	49	24	12	19	30	24	13	17	0	12	28	33	34	22	22	21	25
36. คาร์ฟู รัตนาธิเบศร์	43	23	5	19	27	24	11	12	12	0	26	26	27	15	15	16	18
37. คาร์ฟู เอกชัย	33	12	26	15	10	12	32	36	28	26	0	35	33	22	33	15	24
5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	27	38	26	36	33	39	27	21	33	26	35	0	9	14	12	21	11
31. คาร์ฟู สุขภิบาล3	23	37	27	34	30	37	28	24	34	27	33	9	0	13	14	19	15
38. ฟู๊ดแลนด์ ลาดพร้าว	28	25	15	22	21	25	19	18	22	15	22	14	13	0	11	12	8
2. คาร์ฟู รามอินทรา	35	34	15	30	32	34	15	14	22	15	33	12	14	11	0	18	11
3. คาร์ฟู รัชดาฯ	28	17	16	15	14	17	21	23	21	16	15	21	19	12	18	0	15
4. คาร์ฟู ลาดพร้าว	26	27	18	24	22	27	21	19	25	18	24	11	15	8	11	15	0

ตารางที่ ข.6 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานการศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 6

จำนวนลูกค้าในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	39. ตะวันนา บางกะปิ	40. ซิตีมอลล์เอ็มโพเรียม สุขุมวิท24	18. ท็อป ซิดลม	41. ฟู้ดแลนด์ พัฒนพงศ์ สีลม	42. คาร์ฟู พระราม4	43. ฟู้ดแลนด์ ศรีนครินทร์	44. ท็อป สุขุมวิท3	33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	45. คาร์ฟู สำโรง
0. โรงงานบางพลี	0	16	26	22	30	26	27	14	22	14	16
12. คาร์ฟู อ่อนนุช	16	0	15	10	13	14	11	14	13	14	14
39. ตะวันนา บางกะปิ	26	15	0	9	9	9	10	19	15	19	16
40. ซิตีมอลล์เอ็มโพเรียม สุขุมวิท24	22	10	9	0	13	9	11	14	15	14	12
18. ท็อป ซิดลม	30	13	9	13	0	5	9	21	20	21	17
41. ฟู้ดแลนด์ พัฒนพงศ์ สีลม	26	14	9	9	5	0	7	17	18	17	14
42. คาร์ฟู พระราม4	27	11	10	11	9	7	0	18	20	18	13
43. ฟู้ดแลนด์ ศรีนครินทร์	14	14	19	14	21	17	18	0	20	5	11
44. ท็อป สุขุมวิท3	22	13	15	15	20	18	20	20	0	20	23
33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	14	14	19	14	21	17	18	5	20	0	11
45. คาร์ฟู สำโรง	16	14	16	12	17	14	13	11	23	11	0

ตารางที่ ข.7 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานกรณีศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 7

จำนวนลูกค้าในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	22. แมคโคร เอกชัย	46. แมคโคร ศรีนครินทร์	45. คาร์ฟู ลำไโรง	12. คาร์ฟู อ่อนนุช	42. คาร์ฟู พระราม4	28. บิ๊กซี ลำไโรง	33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	47. ท็อป ศรีนครินทร์	48. ท็อป บางนา	3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	2. คาร์ฟู รามอินทรา	31. คาร์ฟู สุขุมวิท3	5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์
0. โรงงานบางพลี	0	33	8	16	16	27	16	14	12	12	28	35	23	27
22. แมคโคร เอกชัย	33	0	35	17	19	14	17	23	22	22	15	33	33	35
46. แมคโคร ศรีนครินทร์	8	35	0	18	18	28	18	12	14	14	29	35	22	26
45. คาร์ฟู ลำไโรง	16	17	18	0	14	13	5	11	14	14	18	33	25	29
12. คาร์ฟู อ่อนนุช	16	19	18	14	0	11	14	14	9	9	11	23	16	20
42. คาร์ฟู พระราม4	27	14	28	13	11	0	13	18	14	14	11	24	23	26
28. บิ๊กซี ลำไโรง	16	17	18	5	14	13	0	11	14	14	18	33	25	29
33. คาร์ฟู ศรีนครินทร์	14	23	12	11	14	18	11	0	12	12	21	32	23	26
47. ท็อป ศรีนครินทร์	12	22	14	14	9	14	14	12	0	5	15	25	16	20
48. ท็อป บางนา	12	22	14	14	9	14	14	12	5	0	15	25	16	20
3. คาร์ฟู รัชดาภิเษก	28	15	29	18	11	11	18	21	15	15	0	18	19	21
2. คาร์ฟู รามอินทรา	35	33	35	33	23	24	33	32	25	25	18	0	14	21
31. คาร์ฟู สุขุมวิท3	23	33	22	25	16	23	25	23	16	16	19	14	0	9
5. คาร์ฟู สุวินทวงศ์	27	35	26	29	20	26	29	26	20	20	21	21	9	0

ตารางที่ ข.8 แสดงระยะทางระหว่างโรงงานการศึกษาไปยังตัวแทนจำหน่าย กรณีศึกษาที่ 8

จำนวนลูกค้าในการขนส่ง	0. โรงงานบางพลี	49. คาร์ฟู คลองสาม ปทุมธานี	50. ฟู๊ดแลนด์ หลักสี่	51. บิ๊กซี รัตนาธิเบศร์	52. บิ๊กซี วงศ์สว่าง	53. บิ๊กซี พระราม2	34. คาร์ฟู แจ้งวัฒนะ	54. คาร์ฟู รังสิต
0. โรงงานบางพลี	0	42	42	43	37	31	47	45
49. คาร์ฟู คลองสาม ปทุมธานี	42	0	13	18	19	41	15	12
50. ฟู๊ดแลนด์ หลักสี่	42	13	0	15	11	34	13	8
51. บิ๊กซี รัตนาธิเบศร์	43	18	15	0	11	28	11	12
52. บิ๊กซี วงศ์สว่าง	37	19	11	11	0	23	11	15
53. บิ๊กซี พระราม2	31	41	34	28	23	0	34	38
34. คาร์ฟู แจ้งวัฒนะ	47	15	13	11	11	34	0	13
54. คาร์ฟู รังสิต	45	12	8	12	15	38	13	0



The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the background. It features a central figure of a person standing on a pedestal, surrounded by a circular emblem with a gear-like design. The entire logo is set against a light beige background.

ภาคผนวก ค

รหัสคำสั่งของวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดและวิธีการเชิงพันธุกรรมที่ใช้ใน  
โปรแกรม Visual Basic for Application

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



**1. รหัสคำสั่งการทำงานทั้งหมดของกระบวนการสร้างคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด  
(Saving Algorithm)**

```

Dim Sij As Variant
Dim NumberCustomer As Integer
Sub minimizeDist()
    Dim CheckDate As Date
    Dim ArraySize As Integer

    Sheet1.Activate
    NumberCustomer = Sheet1.Range("B16", Range("B16").End(xlDown)).Count
    ArraySize = ((NumberCustomer * NumberCustomer) - NumberCustomer) / 2
    ReDim Sij(ArraySize, 3)

    k = 0
    For i = 0 To NumberCustomer - 1
        For j = 0 To NumberCustomer - 1
            If i < j Then
                indexRow = WorksheetFunction.Match(Sheet1.Cells(16 + i, 2), Sheet2.Columns(2), 0)
                'Sheet2.Activate
                'Sheet2.Rows("1:1").Select
                indexCol = WorksheetFunction.Match(Sheet1.Cells(16 + j, 2), Sheet2.Rows("4:4"), 0)
                Sij(k, 0) = Sheet2.Cells(10, indexCol).Value + Sheet2.Cells(indexRow, 5).Value -
                Sheet2.Cells(indexRow, indexCol).Value
                Sij(k, 1) = Sheet2.Cells(indexRow, 2).Value
                Sij(k, 2) = Sheet2.Cells(4, indexCol).Value
            End If
        Next j
    Next i
End Sub

```

```

        k = k + 1

    End If

    Next

Next

'Sij = sortSij(Sij)
'PrepareTruck (Sij)
'TotalDis

theend:
End Sub

Function sortSij(Sij As Variant)
Dim Temp(1, 3)
For m = 0 To UBound(Sij, 1) - 1
    For l = 1 To UBound(Sij, 1)
        If Sij(l, 0) < Sij(m, 0) Then
            Temp(0, 0) = Sij(m, 0)
            Temp(0, 1) = Sij(m, 1)
            Temp(0, 2) = Sij(m, 2)

            Sij(m, 0) = Sij(l, 0)
            Sij(m, 1) = Sij(l, 1)
            Sij(m, 2) = Sij(l, 2)

            Sij(l, 0) = Temp(0, 0)
            Sij(l, 1) = Temp(0, 1)
            Sij(l, 2) = Temp(0, 2)
        End If
    End If

```

```

    Next l

Next m

'Sij(0).Sort

'For I = 0 To UBound(Sij, 1)
'  Sheet4.Cells(10 + I, 15) = Sij(I, 0)
'  Sheet4.Cells(10 + I, 16) = Sij(I, 1)
'  Sheet4.Cells(10 + I, 17) = Sij(I, 2)
'  i = i + 1
'Next

sortSij = Sij
End Function

Sub prePTruck()
  GroupNumber = 0
  CountCustomer = 0
  SumData = 0
  Sheet4.Activate
  Sheet4.Range("B10:K19").ClearContents

  Do
    If SumData > 60 Then
      Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 2) = "Route " & GroupNumber
      Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 10) = SumData - Boxes(Sheet4.Cells(9 +
GroupNumber, Col_index - 1))
      Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index - 1) = ""
      Col_index = 4
      SumData = 0
      GroupNumber = 1 + GroupNumber
    
```

```

ElseIf SumData = 0 Then

    Col_index = 4

    SumData = 0

    GroupNumber = 1 + GroupNumber

End If

For i = 1 To UBound(Sij, 1)

    If Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index - 1) <> Sij(i, 1) And Sheet4.Cells(9 +
GroupNumber, Col_index - 1) = Sij(i, 2) Then

        If CheckDupli(Sij(i, 1)) Then

            Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index) = Sij(i, 1)

            SumData = SumData + Boxes(Sij(i, 1))

            Col_index = Col_index + 1

            Exit For

        End If

        ElseIf Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index - 1) <> Sij(i, 2) And Sheet4.Cells(9 +
GroupNumber, Col_index - 1) = Sij(i, 1) Then

            If CheckDupli(Sij(i, 2)) Then

                Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index) = Sij(i, 2)

                SumData = SumData + Boxes(Sij(i, 2))

                Col_index = Col_index + 1

                Exit For

            End If

            ElseIf Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 3) = "" Then

                If CheckDupli(Sij(i, 1)) Then

                    Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 3) = Sij(i, 1)

                    SumData = SumData + Boxes(Sij(i, 1))

                    'Col_index = Col_index + 1

```

```

Exit For

End If

End If

Next

CountCustomer = CountCustomer + 1

Loop While CountCustomer <= NumberCustomer + 2

For i = 1 To UBound(Sij, 1)

    If Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index - 1) <> Sij(i, 1) And Sheet4.Cells(9 +
GroupNumber, Col_index - 1) = Sij(i, 2) Then

        If CheckDupli(Sij(i, 1)) Then

            Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index) = Sij(i, 1)

            SumData = SumData + Boxes(Sij(i, 1))

            Col_index = Col_index + 1

            Exit For

        End If

        ElseIf Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index - 1) <> Sij(i, 2) And Sheet4.Cells(9 +
GroupNumber, Col_index - 1) = Sij(i, 1) Then

            If CheckDupli(Sij(i, 2)) Then

                Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, Col_index) = Sij(i, 2)

                SumData = SumData + Boxes(Sij(i, 2))

                Col_index = Col_index + 1

                Exit For

            End If

        End If

    End If

```

```

Next

Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 2) = "Route " & GroupNumber

Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 10) = SumData

End Sub

Sub PrepareTruck(Sij As Variant)
Dim confirm As Boolean

SumData = 0
colIndex = 5
GroupNumber = 1
Sheet4.Activate
Sheet4.Range("B10:K19").ClearContents

Sheet4.Cells(10, 3) = Sij(1, 1)
Sheet4.Cells(10, 4) = Sij(1, 2)
SumData = SumData + Boxes(Sheet4.Cells(10, 3))
SumData = SumData + Boxes(Sheet4.Cells(10, 4))

For i = 1 To UBound(Sij, 1)
    If SumData > 60 Then
        Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 2) = "Route " & GroupNumber
        Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 10) = SumData - Boxes(Sheet4.Cells(9 +
GroupNumber, colIndex - 1))

        Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, colIndex - 1) = ""
        confirm = False
        GroupNumber = GroupNumber + 1
        colIndex = 5
        SumData = 0
    
```

```

For iCheck = 1 To UBound(Sij, 1)

    For Each Data In Sheet4.Range("C10:I19")

        If Sij(iCheck, 1) <> Data And Sij(iCheck, 2) <> Data Then

            confirm = True

        Else

            confirm = False

            Exit For

        End If

    Next

    If confirm Then

        Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 3) = Sij(iCheck, 1)

        Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 4) = Sij(iCheck, 2)

        SumData = SumData + Boxes(Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 3))

        SumData = SumData + Boxes(Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 4))

        Exit For

    End If

Next

Else

    If (Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, colIndex - 1) = Sij(i, 1)) And i <> 1 Then

        'Sheet20.Cells(3 + GroupNumber, 2 * (colIndex + 1) + 1) = Sij(i, 1)

        'For iCheck = 3 To colIndex - 1

        For Each Data In Sheet4.Range("C10:I19")

            'If Sij(i, 2) <> Cells(2 + GroupNumber, iCheck) Then

            If Data <> "" Then

```

```

If Sij(i, 2) <> Data Then
    confirm = True
Else
    confirm = False
Exit For
End If
End If
Next
If confirm Then
    Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, colIndex) = Sij(i, 2)
    SumData = SumData + Boxes(Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, colIndex))
    colIndex = colIndex + 1
End If

ElseIf (Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, colIndex - 1) = Sij(i, 2)) And i <> 1 Then
    'For iCheck = 3 To colIndex - 1
    For Each Data In Sheet4.Range("C10:I19")
        'If Sij(i, 1) <> Cells(2 + GroupNumber, iCheck) Then
        If Data <> "" Then
            If Sij(i, 1) <> Data Then
                confirm = True
            Else
                confirm = False
            Exit For
        End If
    End If
Next
If confirm Then

```



```

Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, colIndex) = Sij(i, 1)

SumData = SumData + Boxes(Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, colIndex))

colIndex = colIndex + 1

End If

End If

End If

Next

Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 2) = "Route " & GroupNumber

Sheet4.Cells(9 + GroupNumber, 10) = SumData

End Sub

Function CheckDupli(Customer) As Boolean
    For Each Data In Sheet4.Range("C10:I19")
        If Data <> Customer Then
            CheckDupli = True
        Else
            CheckDupli = False
        End If
    Next
End Function

Function Boxes(Data As Variant) As Double

    matchRow = WorksheetFunction.Match(Data, Sheet1.Columns(2), 0)

    Boxes = Sheet1.Cells(matchRow, 28)

```

End Function

Sub TotalDis()

Dim iCol As Integer

Dim iRow As Integer

Dim iRowEnd As Integer

Dim Dist As Double

Dist = 0

'Sheet2.Activate

For i = 10 To 20

For j = 3 To 9

If Sheet4.Cells(i, j) <> "" Then

iCol = WorksheetFunction.Match(Sheet4.Cells(i, j), Sheet2.Rows("4:4"), 0)

If j = 3 Then

'Sheet2.Cells(10, iCol).Select

Dist = Sheet2.Cells(10, iCol)

Else

iRow = WorksheetFunction.Match(Sheet4.Cells(i, j - 1), Sheet2.Columns(2), 0)

'Sheet2.Cells(iRow, iCol).Select

Dist = Dist + Sheet2.Cells(iRow, iCol)

End If

ElseIf Sheet4.Cells(i, j) = "" Then

'Sheet2.Cells(iRowEnd, 6).Select

If Sheet4.Cells(i, 2) = "" Then

Exit For

Else

```

        iRowEnd = WorksheetFunction.Match(Sheet4.Cells(i, j - 1), Sheet2.Columns(2), 0)

        Dist = Dist + Sheet2.Cells(iRowEnd, 5)

        Sheet4.Cells(i, 11) = Dist

        Exit For
    End If
End If

Next
Next
End Sub

Sub Saving()
    minimizeDist

    For i = 15 To NumberCustomer + 15
        Sheet3.Cells(i, 2).Value = Sheet1.Cells(i + 1, 2).Value
        For j = 4 To NumberCustomer + 4
            Sheet3.Cells(9, j).Value = Sheet1.Cells(j + 12, 2).Value
            For N = 0 To UBound(Sij, 1)
                If Sij(N, 1) = Sheet3.Cells(i, 2).Value And Sij(N, 2) = Sheet3.Cells(9, j).Value Then
                    Sheet3.Cells(i, j).Value = Sij(N, 0)
                End If
            Next
        Next
    Next

    Sheet3.Activate
    Sheet3.Cells(1, 1).Select
End Sub

```

Sub Result()

    minimizeDist

    Sij = sortSij(Sij)

    prePTruck

    'PrepareTruck (Sij)

    TotalDis

End Sub

Sub RoundedRectangle3\_Click()

    Sheet4.Range("B10:K19").ClearContents

    Sheet3.Activate

    If Sheet3.Range("B15") <> "" Then

        N = Sheet3.Range("B15", Range("B15").End(xlDown)).Count

    ElseIf Sheet3.Range("D9") <> "" Then

        N = Sheet3.Range("B15", Range("D9").End(xlRight)).Count

    Else

        MsgBox ("No customer data")

        GoTo Noclear

    End If

    Sheet3.Range(Cells(15, 4), Cells(N + 15, N + 4)).ClearContents

    Sheet3.Range(Cells(15, 2), Cells(N + 15, 3)).ClearContents

    Sheet3.Range(Cells(9, 4), Cells(14, N + 4)).ClearContents

Noclear:

    Sheet1.Activate

    N = Sheet1.Range("B16", Range("B16").End(xlDown)).Count

    Sheet1.Range(Rows(16), Rows(N + 16)).ClearContents

```
Sheet1.Range("A1").Select
```

```
End Sub
```

```
Sub OpenForm()
```

```
    Addcustomer.Show
```

```
End Sub
```

```
Sub DelForm()
```

```
    DeleteOrder.Show
```

```
End Sub
```

## 2. รหัสคำสั่งการทำงานทั้งหมดของกระบวนการพัฒนาปรับปรุงคำตอบตั้งต้นด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

```
Dim TRange() As Range
```

```
Dim CArr() As Variant
```

```
Dim GArr() As Variant
```

```
Sub GA_Master()
```

```
    Dim SA As Worksheet, GA As Worksheet
```

```
    Dim ArrSize As Integer
```

```
    Dim DataArr() As Variant
```

```
    Dim Count As Integer
```

```
    Set SA = Sheets("Result SA")
```

```
    Set GA = Sheets("GA")
```

```
    ArrSize = SA.Range("C10:I19").SpecialCells(xlCellTypeConstants).Count
```

```

ReDim DataArr(2, ArrSize)

Count = 0

For i = 10 To 19
    If SA.Range("B" & i) <> "" Then
        For j = 3 To 9
            If SA.Cells(i, j) <> "" Then
                DataArr(0, Count) = Split(SA.Cells(i, j), ".")(0)
                DataArr(1, Count) = i - 9 & j - 2
                Count = Count + 1
            Else
                Exit For
            End If
        Next
    Else
        Exit For
    End If
Next

GA.Range(GA.Cells(8, 3), GA.Cells(9, ArrSize + 2)) = DataArr
GA.Range(GA.Cells(8, 3), GA.Cells(9, ArrSize + 2)).Borders.LineStyle = xlSolid
End Sub

Sub GA()
    Dim ro As Long
    Dim co As Long
    Sheets("GA").Select
    With Sheets("GA")
        .Rows("8:9").Clear
        .Rows("14:" & .Rows.Count).Clear
    End With
End Sub

```

```

.Range("B8") = "Customer"

.Range("B9") = "Genetic"

.Range("B8:B9").Borders.LineStyle = xlSolid

.Range("B8:B9").Interior.Color = RGB(200, 200, 200)

End With

SAGroup

Genetic

Chromosome

Selection.Copy Destination:=Sheets("GA").Cells(14, Selection.Columns.Count + 5)

For i = 1 To 20

    Child

Next

End Sub

Sub SAGroup()

    Dim SA As Worksheet, GA As Worksheet

    Dim TRange As Range

    Dim Endcol As Integer

    Set SA = Sheets("Result SA")

    Set GA = Sheets("GA")

    For i = 10 To 19

        If SA.Range("B" & i) <> "" Then

            Endcol = SA.Cells(i, "C").End(xlToRight).Column

            If Endcol > Columns("I").Column Then

                Endcol = Columns("I").Column

            End If

            Set TRange = SA.Range(SA.Cells(i, "C"), SA.Cells(i, Endcol))

```

```

        ThisWorkbook.Names.Add Name:="Route" & i - 9, RefersTo:=TRange
    Else
        Exit For
    End If
Next
End Sub

Sub Genetic()
    Dim SA As Worksheet, GA As Worksheet
    Dim NRoute As Integer, DCount As Integer, NData As Integer
    Dim CRange() As Range
    Dim GRange() As Variant

    Set SA = Sheets("Result SA")
    Set GA = Sheets("GA")

    DCount = 3
    NRoute = SA.Range("B10:B19").SpecialCells(xlCellTypeConstants).Count
    NData = SA.Range("C10:I19").SpecialCells(xlCellTypeConstants).Count
    GA.Range(GA.Cells(8, 3), GA.Cells(9, NData + 2)).Clear

    ReDim CRange(1 To NRoute)
    ReDim CArr(1 To NRoute, 1 To NData)
    ReDim GArr(1 To NRoute, 1 To NData)

    For i = 1 To NRoute
        Set CRange(i) = ThisWorkbook.Names("Route" & i).RefersToRange

        For j = 1 To CRange(i).Count
            CArr(i, j) = Split(CRange(i).Cells(1, j), ".")(0)

```



```

    GArr(i, j) = i & j

    GA.Cells(8, DCount) = CArr(i, j)

    GA.Cells(9, DCount) = GArr(i, j)

    DCount = DCount + 1

Next

Next

GA.Range(GA.Cells(8, 3), GA.Cells(9, NData + 2)).Borders.LineStyle = xlSolid
' GA.Range(GA.Cells(8, "C"), GA.Cells(8, DCount + 2)) = CRange
' Chromosome (GArr)
End Sub

'Sub Chromosome(GArr As Variant)
Sub Chromosome()
    Dim SA As Worksheet, GA As Worksheet
    Dim Chro() As Variant
    Dim CountGA As Integer
    Dim StartRow As Long
    Dim StartCol As Long
    'Dim TRange() As Range

    Set SA = Sheets("Result SA")
    Set GA = Sheets("GA")

    'Dim MaxG As Integer

    GA.Select

    StartRow = 15

    StartCol = 3

```

```

ReDim TRange(1 To UBound(GArr, 1))

For i = 1 To UBound(GArr, 1)
    For j = 1 To UBound(GArr, 2)
        If GArr(i, j) <> 0 Then CountGA = CountGA + 1
    Next
    Set TRange(i) = GA.Range(GA.Cells(StartRow, StartCol), GA.Cells(StartRow, CountGA
+ StartCol - 1))

    StartCol = CountGA + StartCol

    CountGA = 0

    TRange(i).Borders.LineStyle = xlSolid

    TRange(i).Interior.Color = RGB(200, 200, 200)
Next

GA.Cells(15, StartCol) = WorksheetFunction.Sum(SA.Range("K10:K19"))

For i = 1 To UBound(GArr, 1)
    For j = 1 To UBound(GArr, 2)
        If GArr(i, j) <> 0 Then
            TRange(i).Columns(j) = GArr(i, j)
        Else: Exit For
        End If
    Next
Next

Dim Rowi As Integer
Dim Coli As Integer
Dim Rangei As Integer
Dim RowMax As Integer
Dim NewRange As Range, SADist As Range

```

```

Dim colChange As Integer

Dim Tdist As Double

GA.Range("B15") = 1

Rowi = GA.Range("B15")

For Rangei = 1 To UBound(TRange)

    'RowMax = WorksheetFunction.Fact(TRange(Rangei).Count - 1)

    ColR = 2

    Coli = 1

    colChange = 1

    'Rowmin = Rowi

    'Rowi = 1

    Do

        'For Rowi = 1 To RowMax

        Tdist = 0

        Set NewRange = TRange(Rangei).Range(Cells(Rowi + 1, 1), Cells(Rowi + 1,
TRange(Rangei).Count))

        Add = NewRange.Address

        GA.Range("B" & Rowi + 15) = GA.Range("B" & 15 + Rowi - 1) + 1

        'Do

        For Coli = 1 To TRange(Rangei).Count 'UBound(GArr, 2) '

            If Coli = colChange Then

                NewRange.Columns(Coli) = TRange(Rangei).Columns(ColR)

                NewRange.Columns(ColR) = TRange(Rangei).Columns(Coli)

                ElseIf ColR <> Coli Then: NewRange.Columns(Coli) =
TRange(Rangei).Columns(Coli)

            End If

```

```

        'Coli = Coli + 1

    Next

    'NewRange.Borders.LineStyle = xlSolid

    NewRange.Interior.Color = RGB(120, 200, 120)

ColR = ColR + 1

If ColR > TRange(Rangei).Count Then
    colChange = colChange + 1
    ColR = colChange + 1
End If

For i = 1 To UBound(GArr, 2)
    If GA.Cells(Rowi + 15, i + 2) = "" Then GA.Cells(Rowi + 15, i + 2) =
TRange(1).Columns(i)
Next

' *****calculate sum of distance*****

Set SADist = Sheets("Result SA").Range("K10:K19")
Tdist = CalDist(NewRange)
For i = 1 To SADist.Count
    If i <> Rangei Then
        Tdist = Tdist + SADist(i)
    End If
Next

GA.Cells(Rowi + 15, UBound(GArr, 2) + 3) = Tdist

'*****Change to new Row*****

Rowi = Rowi + 1

```

```

    Loop While (colChange < TRange(Rangei).Count)
Next
'*****Prepare Table*****
GA.Range("B14") = "Chromosome"
GA.Cells(14, 3 + UBound(GArr, 2)) = "Sum"
GA.Cells(14, 4 + UBound(GArr, 2)) = "Feasibility"
GA.Cells(14, 5 + UBound(GArr, 2)) = "Pi"
GA.Cells(14, 6 + UBound(GArr, 2)) = "Qi"
GA.Range("B14").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
Selection.Borders.LineStyle = xlSolid
GA.Range(Cells(14, "C"), Cells(14, 2 + UBound(GArr, 2))).Select
Selection.Merge
Selection = "Route"
With GA.Range(Cells(14, "B"), Cells(14, 6 + UBound(GArr, 2)))
    .HorizontalAlignment = xlCenter
    .Font.Bold = True
End With

Call FeaPro(GA.Range(Cells(14, "B"), Cells(14 + Rowi, 3 + UBound(GArr, 2))))

End Sub

Sub FeaPro(SortRange As Range)
' ***** Feasibility and probability select *****
Call SortSum(SortRange)

Dim GA As Worksheet

Dim SortRSum As Range

```

```

Dim Total_Fea As Double

Dim Addr As Variant

Dim Rstr As String

Set GA = Sheets("GA")

Addr = Split(SortRange.Rows(2).Address, "$")

Rstr = "$" & Addr(3) & "$" & Addr(2) & "$" & Addr(3) & "$" & Addr(4)

Set SortRSum = SortRange.Range(Cells(2, SortRange.Columns.Count),
Cells(SortRange.Rows.Count, SortRange.Columns.Count))

For i = 1 To SortRSum.Count
    If i = 1 Then
        SortRSum.Cells(1, 2) = i
    ElseIf SortRSum(i, 1) = SortRSum(i - 1, 1) Then
        SortRSum(i, 2) = SortRSum(i - 1, 2)
    Else: SortRSum(i, 2) = SortRSum(i - 1, 2) + 1
    End If
    Total_Fea = Total_Fea + SortRSum(i, 2)
Next

Set SortRange = Range(SortRange, SortRange.Cells(SortRange.Rows.Count,
SortRange.Columns.Count + 1))

aa = SortRange.Address

Call SortChro(SortRange)

For i = 1 To SortRSum.Count

    SortRSum.Cells(i, 3) = SortRSum.Cells(i, 2) / Total_Fea

    If i = 1 Then

        SortRSum.Cells(i, 4) = SortRSum.Cells(i, 3)

    Else

```

```

        SortRSum.Cells(i, 4) = SortRSum.Cells(i, 3) + SortRSum.Cells(i - 1, 4)

    End If

    SortRSum.Cells(i, 3) = Format(SortRSum.Cells(i, 3), "0.###")

    SortRSum.Cells(i, 4) = Format(SortRSum.Cells(i, 4), "0.###")

Next

End Sub

Function CalDist(CalRange As Range)

    Dim SA As Worksheet, GA As Worksheet

    Dim Dist As Double

    Dim Ri As Integer, Rj As Integer

    Dim Ci As Integer, Cj As Integer

    Dim SARange As Range

    Dim DistRef As Range

    Set SA = Sheets("Result SA")
    Set GA = Sheets("GA")
    Set SARange = SA.Range("C10:I19")
    Set DistRef = Sheets("Distance").Range("B4:BG64")

    Dist = 0

    For i = 1 To CalRange.Count

        Ri = CalRange(i) / 10

        Ci = CalRange(i) Mod 10

        If i = 1 Then

            Dist = WorksheetFunction.Index(DistRef, 7,

WorksheetFunction.Match(SARange.Cells(Ri, Ci), DistRef.Rows(1), 0))

```

```

Else
    Rj = CalRange(i - 1) / 10
    Cj = CalRange(i - 1) Mod 10
    Dist = Dist + WorksheetFunction.Index(DistRef,
WorksheetFunction.Match(SARange.Cells(Rj, Cj), DistRef.Columns(1), 0), _
    WorksheetFunction.Match(SARange.Cells(Ri, Ci), DistRef.Rows(1), 0))
End If

Next

Ri = CalRange(i - 1) / 10
Ci = CalRange(i - 1) Mod 10
Dist = Dist + WorksheetFunction.Index(DistRef, 7,
WorksheetFunction.Match(SARange.Cells(Ri, Ci), DistRef.Rows(1), 0))

CalDist = Dist
End Function

Sub Child()
    Dim GA As Worksheet
    Dim TBrange As Range
    Dim Rvalue As Double
    Dim LastRow As Long
    Dim LastCol As Long
    Dim Count As Integer
    Dim NumGen As Integer
    Dim MaxFea As Integer

    Set GA = Sheets("GA")

```



```

Count = 3

LastRow = GA.Cells(15, "B").End(xlDown).Row

LastCol = GA.Cells(15, "B").End(xlToRight).Column

'*****Find best route from table*****

MaxFea = WorksheetFunction.Max(GA.Range(Cells(14, LastCol - 2), Cells(LastRow,
LastCol - 2)))

GA.Cells(LastRow + Count, "B") = "Parents to Childs"

GA.Cells(LastRow + Count + 5, "B") = "Best Solution"

GA.Cells(LastRow + Count + 5, "B").Font.Bold = True

GA.Cells(LastRow + Count, "B").Font.Bold = True

r = 1

For i = 14 To LastRow

    BSrow = LastRow + Count + r + 5

    If GA.Cells(i, LastCol - 2) = MaxFea Then

        If GA.Cells(BSrow, LastCol - 3) = "" Or GA.Cells(BSrow, LastCol - 3) > GA.Cells(i,
LastCol - 3) Then

            GA.Range(Cells(i, "B"), Cells(i, LastCol - 3)).Copy Destination:=GA.Cells(BSrow,
"B")

            r = r + 1

        End If

    End If

Next

'*****Random Parents*****

Count = Count + 1

Randomize

Rvalue = Rnd

```

```

i = 15

Do

    If GA.Cells(i, LastCol) < Rvalue And GA.Cells(i + 1, LastCol) > Rvalue _
    And GA.Cells(i + 1, LastCol) <> GA.Cells(LastRow + Count - 1, "B") Then

        GA.Range(Cells(i + 1, "B"), Cells(i + 1, LastCol - 3)).Copy _
        Destination:=GA.Range(Cells(LastRow + Count, "B"), Cells(LastRow + Count,
LastCol - 3))

        Count = Count + 1

        Randomize

        Rvalue = Rnd

    End If

    If Rvalue < GA.Cells(15, LastCol) Then Rvalue = Rnd

    i = i + 1

    If i > LastRow Then i = 15

Loop While (Count <= 5)

*****Parent to childs*****

NumGen = WorksheetFunction.RoundUp(GA.Range(Cells(LastRow + Count, "C"),
Cells(LastRow + Count, LastCol - 4)).Count / 2, 0) + 2

GA.Range(Cells(LastRow + Count - 1, "C"), Cells(LastRow + Count - 1, NumGen)).Copy
_

Destination:=GA.Range(Cells(LastRow + Count, "C"), Cells(LastRow + Count, NumGen))

GA.Range(Cells(LastRow + Count - 2, "C"), Cells(LastRow + Count - 2, NumGen)).Copy
_

Destination:=GA.Range(Cells(LastRow + Count - 1, "C"), Cells(LastRow + Count - 1,
NumGen))

GA.Range(Cells(LastRow + Count, "C"), Cells(LastRow + Count, NumGen)).Copy _

```

```

Destination:=GA.Range(Cells(LastRow + Count - 2, "C"), Cells(LastRow + Count - 2,
NumGen))

GA.Range(Cells(LastRow + Count, "C"), Cells(LastRow + Count, NumGen)).Clear

'*****Swap to pair*****

Childrow = LastRow + Count - 2

GA.Range(Cells(Childrow, 5), Cells(Childrow + 1, 5)).Copy
Destination:=GA.Cells(Childrow + 2, 5)

GA.Range(Cells(Childrow, NumGen), Cells(Childrow + 1, NumGen)).Copy
Destination:=GA.Cells(Childrow, 5)

GA.Range(Cells(Childrow + 2, 5), Cells(Childrow + 3, 5)).Copy
Destination:=GA.Cells(Childrow, NumGen)

GA.Range(Cells(Childrow + 2, 5), Cells(Childrow + 3, 5)).Clear

'*****Repair Duplicate*****

Dim Dup1 As Boolean, Dup2 As Boolean
Dim Data1 As Integer, Data2 As Integer

Dup1 = False
Dup2 = False
For i = 3 To LastCol - 4
    For j = 3 To LastCol - 4
        GA.Cells(Childrow, i).Select
        If GA.Cells(Childrow, i) = GA.Cells(Childrow, j) And i <> j Then
            GA.Cells(Childrow, j).Interior.Color = vbRed
            add1 = GA.Cells(Childrow, j).Address
            Data1 = GA.Cells(Childrow, j)

            Dup1 = True
        End If
    
```

```

If GA.Cells(Childrow + 1, i) = GA.Cells(Childrow + 1, j) And i <> j Then

    GA.Cells(Childrow + 1, j).Interior.Color = vbRed

    Add2 = GA.Cells(Childrow + 1, j).Address

    Data2 = GA.Cells(Childrow + 1, j)

    Dup2 = True

End If

Next

If Dup1 And Dup2 Then

    GA.Range(add1) = Data2

    GA.Range(Add2) = Data1

Exit For

End If

Next

For ro = 0 To 1
    B = Columns("B").Column
    GA.Cells(Childrow + ro, LastCol - 3) = 0
    For i = 1 To UBound(TRange)
        Set TRange(i) = GA.Range(Cells(Childrow + ro, B + 1), Cells(Childrow + ro,
TRange(i).Count + B))
        aa = TRange(i).Address
        GA.Cells(Childrow + ro, LastCol - 3) = GA.Cells(Childrow + ro, LastCol - 3) +
CalDist(TRange(i))
        B = B + TRange(i).Count
    Next

    If GA.Cells(Childrow + ro, LastCol - 3) < GA.Cells(Childrow + ro + 5, LastCol - 3)
Then

```

```

        GA.Range(Cells(Childrow + ro, "B"), Cells(Childrow + ro, LastCol - 3)).Copy
Destination:=GA.Cells(Childrow + ro + 5, "B")

    End If

    '*****Replace table*****

    For i = 15 To LastRow

        If GA.Cells(i, "B") = GA.Cells(Childrow + ro, "B") Then

            GA.Range(Cells(Childrow + ro, "B"), Cells(Childrow + ro, LastCol - 3)).Copy _
            Destination:=GA.Cells(i, "B")

            Exit For

        End If

    Next

Next

Next

Call FeaPro(GA.Range(Cells(14, "B"), Cells(LastRow, LastCol - 3)))

End Sub

Sub ResultGA()

    Dim g As Integer

    Dim ro As Integer

    Dim co As Integer

    Dim GA As Worksheet

    Set GA = Sheets("GA")

    Sheets("Result GA").Select

    Sheets("Result GA").Range("B10:K19").ClearContents

    For i = 15 To GA.Rows.Count

        If GA.Cells(i, "B") = "Best Solution" Then

            co = GA.Cells(i, "B").Column + 1

            ro = GA.Cells(i, "B").Row + 1

```

```

For g = 1 To UBound(TRange)

    Set TRange(g) = GA.Range(GA.Cells(ro, co), GA.Cells(ro, co + TRange(g).Count - 1))

    co = co + TRange(g).Count

    Call MapResultGA(g, TRange(g))

Next

Exit For

End If

Next

End Sub

Sub MapResultGA(route As Integer, NRange As Range)

    Dim SARange As Range
    Dim GARange As Range
    Dim Mains As Worksheet
    Dim Ri As Integer
    Dim Ci As Integer
    Set Mains = Sheets("Main")

    Set SARange = Sheets("Result SA").Range("C10:I19")
    Set GARange = Sheets("Result GA").Range("C10:I19")

    GARange.Cells(route, 0) = "Route" & Format(route, "0#")

    For i = 1 To NRange.Count

        Ri = NRange(i) / 10
        Ci = NRange(i) Mod 10

        GARange(route, i) = SARange(Ri, Ci)

    For j = 16 To Mains.Cells(16, "B").End(xlDown).Row

        If (GARange(route, i) = Mains.Cells(j, "B")) Then

            GARange(route, 8) = GARange(route, 8) + Mains.Cells(j, "AB")

        End If

    Next j

    Next i

End Sub

```

```
End If

Next

Next

GARange(route, 9) = CalDist(NRange)

End Sub

Sub ClearResultGA()

Range("B10:K19").ClearContents

Sheets("GA").Select

With Sheets("GA")

.Rows("8:9").Clear

.Rows("14:" & Rows.Count).Clear

.Range("B8") = "Customer"

.Range("B9") = "Genetic"

.Range("B8:B9").Borders.LineStyle = xlSolid

.Range("B8:B9").Interior.Color = RGB(200, 200, 200)

End With

RoundedRectangle3_Click

'Sheets("Main").Select

End Sub
```

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, faint watermark in the center of the page. It features a golden-yellow bell-shaped structure with a central figure of a person standing on a pedestal. Below the figure is a circular emblem with a stylized 'S' and 'R' inside. The entire logo is surrounded by a red, sunburst-like border.

ภาคผนวก ง

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



## A Saving Algorithm Applying for Solving Vehicle Routing Problems Using by Visual Basic for Application

**Ploypailin Phumkhokrak<sup>a,\*</sup>, Nara Samattapong<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Institute of Engineering, School of Industrial Engineering,

Suranaree University of Technology,

Suranaree University Avenue, Muang district, Nakhon Ratchasima ,Thailand

E-mail address: Polly\_polinaa@hotmail.com

<sup>b</sup> Institute of Engineering, School of Industrial Engineering,

Suranaree University of Technology,

Suranaree University Avenue, Muang district, Nakhon Ratchasima ,Thailand

E-mail address: Nara@sut.ac.th

### Abstract

The purpose of this research is to study the problem of the logistic entrepreneur who transports different type of goods from different customers distributed from various location. He has to decide to deliver them in the proper transportation lines to minimize the cost with the same goods distribution point. In this study, we also consider the goods transportation problem and that the transportation has to keep non-confirming goods. In addition , we use saving algorithm to help solving problem and a VBA program in Excel can help in the process to find an even more convenient alternative. This study is the scope of the study. Under limit capacity of vehicle less than or equal to sixty boxes. Applying algorism to solve the problem and to design a solution by the VBA program in Excel.

**Keywords:** Vehicle Routing, Saving Algorithm, VBA, Transportation

### 1. Background/ Objectives and Goals

Factory is now a case study of the business that produces frozen food products and is currently operating logistical shipments for a group of customers that include 49 locations all over Bangkok and its metropolis. Initial study has revealed that the factory's logistical management system lacks efficiency in route planning of the merchandise deliverance which can result in delays of shipments. Considering today's ascending fuel price, it essentially increases the overall cost as well. In additions, the factory has a limited truckload of only 60 boxes per delivering truck with only one type of freight truck and of four are available to operate. To increase the company's overall efficiency in logistical management system, the Saving Algorithm could be applied. The examples will demonstrate the cost-effective method leveraging customer's location on Google Map and comparing the results between CVRP1,

Runvrp2, and calculate by worker. This is expected to improve logistical process and its efficiency by any means.

There are multiple ways to send the shipments. Those depend on the very details and limitations of varying problems. The distinctive purpose of each organized route is considered for the possible best route. Therefore, the followings has been studied in order to achieve that. Khanittha (2012) Comparing the distances displaced by fork lifter delivery using Heuristic methodology which improve 32.04% on the busy day and 15.59% on the slow day. Pimchanok (2009) The samples of routes used from the company that optimizes Heuristic method demonstrate one consolidated point of distribution and segmentation of zones when delivering products. It applies Nearest Neighbor methodology in managing transportation routes from different areas as well as the comparison to Genetic methodology. Apichit (2013) The case study of logistic company where improving route selection process is leveraged in which this company performs continuous back-to-back delivery for different kinds of goods. As a result of multiple researches in optimizing the transportation routes, there present quite a few moderators who put these method into use. Given different limitations but a single goal to reducing the cost, the method is very practical. In order to find the very right result, we have compared both new and old methods.

## 2. Methods

The research is aimed to be the study to improve route optimization with the lowest transportation cost. The study samples have to meet requirements of maximum loads being able to transport for each trip, considering whatever exceeds the truck load will essentially be put on the next shipment.

### 2.1 Samples Population

The samples used to study are based on product preferences information from each customer, time spent on delivery, the distances covered in delivering products in under 8 tests (8 business days). Then study the method saving algorithm routing and writing the VBA code to use for solving routing.

### 2.2 Saving Method Procedure

It is the method used to find the most saving route for every i and j shipment paring parties by calculating saving value from the equation (1). Once saving value is calculated, it is used in the next process of finding the route as it is shown in Fig.1. When applying Saving value in ascending order while verifying the condition of the product preference, we are able to arrange the shipment as Shown in Tables 1.

From inspection the condition, we have found that new load of shipment will be required for the next trip when the quantity need from the customer nearly meets or not exceeding the capacity. Therefore, we have been able to calculate the total cost for transportation of the goods by considering the depreciation value of the truck, labor cost, and gas price as followed.

The depreciation value of the vehicle is 0.5708 baht per minute. Eight-hour labor cost will be 200 baht which is 0.4167 per minute. Additionally, The gas price costs 3.10 baht per minute. Hence, the total cost can be consolidated by the number of employee  $\times$  (0.4167  $\times$  the times spent in transporting the goods that is not over 8 hours + 0.8234  $\times$  times spent in transporting goods that is over 8 hours). Route 1: Bang Phli factory – BigC Bang Phli – BigC Samut Prakarn – Carrefour Suwintawong – Carrefour Lad Prao – Bang Phli factory - Total Cost: 1541.35 baht. The total cost of all 8 experimental tests conclude 38,118 baht.

### 3. Results

In this research, we emphasize in maximizing the efficiency in selecting the transportation route and to reduce expense in transportation. Our aim is to find the solution to optimize the best route while meeting the capacity requirement. We have presented 8 product preference categories into the test and the results are as followed. Result comparison by route optimization leveraging Saving, CVRP1, Runvrp2, and Sales persons calculations. CVRP1 essentially utilizes Nearest Insertion criteria. For examples, from the starting point is Bang Phli factory will generate result in the next nearest place next to Bang Phli factory. This is to be done in repeating manner. Runvrp2 utilizes All-Optimal and the calculation from sales persons only relies on the worker's experience alone in determining the route. The result of the research hence effectively displays expenses of shipment correlating to its distances covered (in Kilometers), and the number of truck used in transporting as shown in Table 2.

From overall look of the sample data and information experimented with given limit condition on truckload capacity, it is apparent that the cost is obviously lowered. Considering the gas cost, depreciation value of the vehicle and the labor cost factors, CVRP1 yields 38,134 baht, Runvrp2 yields 38,358, while calculation from the sales persons yields 41,500 baht. Significantly. The saving method yields the most cost-effective result of 38,118. In conclusion, saving method is the most comprehensive way to optimize the best route.

#### 3.1 Formula and Equation

Find the most saving route for every  $i$  and  $j$  shipment paring parties by calculating saving value from the equation.

$$S(i,j) = C(i,0) - C(0,j) + C(i,j) \quad (1)$$

Where  $S(i, j)$  represent saving value between party  $i$  and party  $j$ .

$C(i,j)$  represents distance covered from  $i$  to  $j$ .

0 represents the warehouse. For instance,  $C(i,0)$  represents the distance from  $i$  to the warehouse.

### 3.2 Figures and Tables

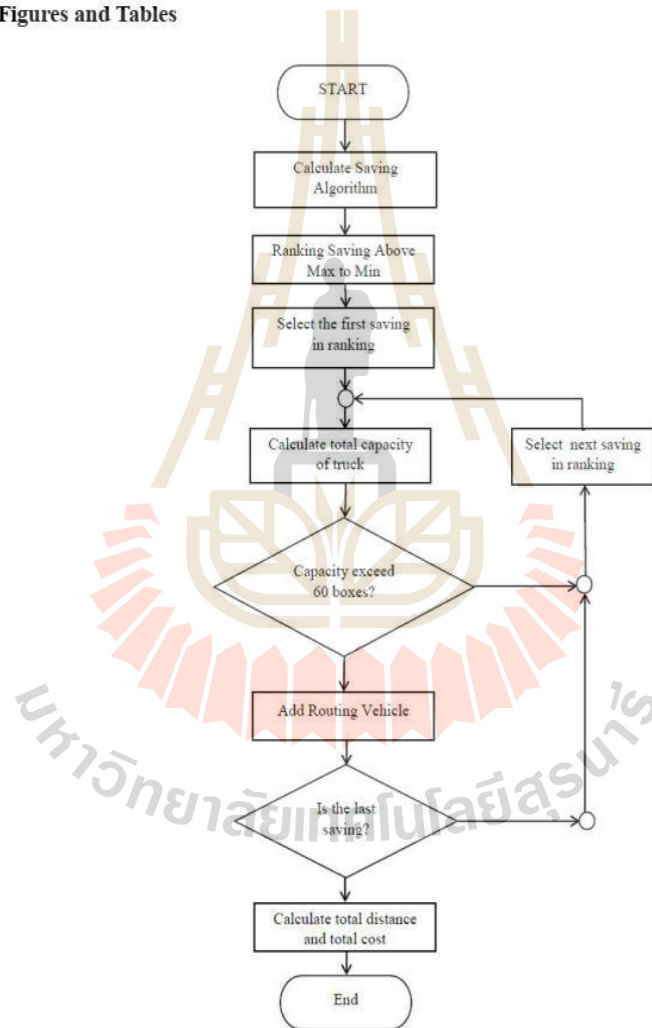


Fig. 1: Shown Vehicle Routing



Table 1: Vehicle Routing 1.

No.	i, j	Savings	Inspection Codditional.
1	1,6	6	Capacity is 28 boxes.
2	6,5	12	Capacity is 43 boxes.
3	5,4	42	Total Capacity is 56 boxes, Total Distance is 84 Km. And Total time is 340 minutes.

Table 2: Representing the result of different methods.

The Result of difference methods.				
No.	Saving Method	Program Cvrp1	Program Runvrp2	Calculate by Worker
	Total Cost (Baht)	Total Cost (Baht)	Total Cost (Baht)	Total Cost (Baht)
1	5,750.11	5,098	5,323	6,289
2	4,213.72	4,618	4,573	4,616
3	3,373.00	3,823	3,417	3,777
4	4,849.27	4,443	4,488	4,685
5	7,336.50	7,470	7,964	8,414
6	4,258.76	3,762	4,123	4,101
7	4,784.18	4,828	4,648	5,546
8	3,553.16	4,092	3,822	4,072
<b>Total</b>	38,118.7	38,134	38,358	41,500

#### 4. References

- Professor Kumnuan Apiprachayasakool.(2013). *Merchandise Transportation in logistics*. Focus Media and Publishing Compay Limited, Thailand.
- Punsakorn Raschonnaput. (2011). *The application of saving algorithm for freight route management in Aluminium needle factory*. Engineering Thesis Degree Industrial Engineering Faculty King Mongkut's University of Technology.
- Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J-Y., and Sement, F., (2000). *Classical and Modern heuristics for the vehicle routing problem*. International Transactions In Operational Research, 7: 285-300.
- Laporte, G., and Semet, F. (2002). *Classical Heuristics for the Capacitated VRP. The vehicle routing problem. (p. 109-128)*. Philadelphia, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Laporte, G. (1992). *The Vehicle Routing Problem: An Overview of exact and approximate algorithms*. European Journal of Operational Research 59: 345-358.
- Toth, P. and D. Vigo. (2000). *The Vehicle Routing Problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, USA.
- Sirithammajak and Surachet Wongchaipornpong.(2007). *Excel VBA Programming*.2nd publishing. Bangkok KTP Comp and Consult.
- Kittinan Ponsawad.(2009). *Excel VBA for professionals*.1st publishing.Nonthaburi.ID Distributor Center.
- Khanittha Rattanapongporn.(2012). *Logistical route management for fork lifter deliverance Cast Study Sinchai Auto Limited company*. Sripathum Academic Journal Chonburi.

## ประวัติผู้เขียน

นางสาวพลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 12 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2536 ณ จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนพงษ์ศิริวิทยา อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2554 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2558 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2559

โดยขณะที่ศึกษาอยู่ได้มีโอกาสเป็นผู้ช่วยสอนและวิจัยในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 5 รายวิชา คือ (1) ปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต (2) ปฏิบัติการวิธีการผลิตเบื้องต้น (3) ปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการขั้นพื้นฐาน (4) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกลสำหรับวิศวกรรมอุตสาหการ (5) เทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับวิศวกรรมอุตสาหการ และเป็นผู้ช่วยวิจัยโครงการวิจัย เรื่อง โครงการการจัดทำแผนพัฒนายุทธศาสตร์โลจิสติกส์และโซ่อุปทานน้อยหน้า จังหวัดนครราชสีมา และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 ด้วยประสบการณ์และความรู้ได้จากการศึกษา การเป็นผู้ช่วยสอนและผู้ช่วยวิจัยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้เป็นอย่างดี จากการทำวิจัยนี้ทำให้ผู้วิจัยมีผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์และเผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ จำนวน 1 เรื่อง

ผลงานวิจัย : A Saving Algorithm for Solving Vehicle Routing Problems Using by Visual Basic for Application. (2018 The International Conference on Engineering and Applied Science. February 22-24, 2018 in Bangkok, Thailand.)